O-S 733 m

BOUND 1939

HARVARD UNIVERSITY

LIBRARY

OF THE

MUSEUM OF COMPARATIVE ZOÖLOGY

70,386

EXCHANGE

JUN. 4, 1928

JUN 4 - 1928

Spain. Ministerio de marina. Direccion general de pesca. 0-5

MEMORIAS DEL INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFIA No. 7.
PUBLICADAS BAJO LA DIRECCION DEL PR. ODÓN DE BUEN

70,386

TOMO II. — MEMORIA II

TRABAJOS

realizados en los años de 1916, 1917 y 1918 por las costas de Galicia, Asturias y Santander

Investigaciones Químicas

por

D. Antonio Ipiens Lacasa

Catedrático de Química de la Universidad de Murcia

MADRID
1919

74

LIBRARY
MUSEUM OF ZOOLOGY
HARVARD UNIVERSITY

JUN 4 - 1928

MEMORIAS DEL INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFIA
PUBLICADAS BAJO LA DIRECCION DEL PR. ODÓN DE BUEN

TOMO II. — MEMORIA II

TRABAJOS

realizados en los años de 1916, 1917 y 1918 por las costas de Galicia, Asturias y Santander

Investigaciones Químicas

por

D. Antonio Ipiens Lacasa

Catedrático de Química de la Universidad de Murcia

MADRID
1919

4293
16.15

SUMARIO

Introducción.

Primera parte

Determinación de la salinidad del agua del mar.

Segunda parte

Determinación del oxígeno disuelto en el agua del mar.

Tercera parte

Determinación del ácido sulfhídrico en las aguas del mar.

Introducción

Las investigaciones químicas que se efectuaron durante la campaña oceanográfica del verano de 1916 en las costas de Galicia, y sobre todo en la ría de Vigo, fueron expuestas sucintamente en una Memoria que se publicó en Septiembre del mismo año.

Dos nuevas campañas oceanográficas se emprendieron después bajo la dirección de D. Odón de Buen; una, en 1917, se verificó por las mismas rías que la del año anterior; y otra, en 1918, por las costas comprendidas entre Vigo y Santander. Los resultados químico-analíticos obtenidos en aquellas aguas, se exponen en este trabajo junto con las deducciones correspondientes a 1916, porque nuestro fin esencial es relacionar dichos valores para establecer entre ellos leyes que indiquen las variaciones anotadas en la constitución del medio marino.

La Memoria está iluminada con una serie de gráficos, que muestran rápidamente los nexos existentes entre los resultados del análisis, y una serie de datos como son: la profundidad, fecha, situación, etc.; lo cual permite al lector apreciar en una sola ojeada las relaciones más fundamentales, sin que por ello tenga necesidad de distraer su imaginación en la lectura de un fárrago extraordinario de números, los cuales, aisladamente considerados, carecen de interés, y, en cambio, asociados y representados geométricamente muestran las variaciones del medio marino, abreviando a un tiempo la tarea investigadora o de comparación.

He creído oportuno que la enumeración de todas estas investigaciones debe ir precedida de una exposición más o menos detallada acerca de los procedimientos de trabajo, así como de la crítica de estos métodos, de la descripción del material que en ellos se usa y de todo cuanto necesita el aficionado a investigaciones químicas oceano-

gráficas para iniciarse en ellas y realizar por sí sólo las que en las últimas campañas se efectuaron.

Bien es verdad que muchas de estas cuestiones han sido expuestas en trabajos diversos, algunos de los cuales publicó el Instituto Español de Oceanografía (1), y describirlos aquí es repetir conceptos ya publicados, pero no es menos cierto que exponiendo en un trabajo de conjunto todo cuanto se considera necesario para llevar a cabo las determinaciones de salinidad, oxígeno y ácido sulfhídrico en las aguas marinas, investigaciones a las que dediqué preferentemente mi atención en las campañas mencionadas, se presta gran ayuda a los que se interesan por conocer los métodos de trabajo oceanográficos y, además, les releva de la enojosa tarea de buscar en libros y revistas cada uno de los diversos detalles que hacen falta para realizar estas investigaciones.

De desear sería que los estudios oceanográficos de índole química se generalizaran en trabajos posteriores a la investigación de otros elementos y combinaciones, cuya existencia en el agua del mar es indudable, por cuanto éste constituye el receptáculo común a todas las substancias existentes en la superficie terrestre; entre otras cosas sería conveniente investigar el nitrógeno bajo sus diferentes formas, cada uno de los elementos halógenos, el fósforo, el arsénico, el anhídrido carbónico disuelto, etc., y a la par que conocer las substancias disueltas debería entrar en el plan de la oceanografía química escudriñar la composición de los fondos marinos para deducir consecuencias de índole geológica, y estudiar la estructura química de la fauna y flora del mar en relación con la naturaleza de aquellos fondos y con las condiciones de vida a que los seres marinos se sujetan. Por otra parte, los estudios marinos son interesantes, puesto que el mar constituye un manantial de riqueza no bien explotado todavía; la industria pesquera es una de las manifestaciones de esa riqueza, mas no la única, porque las industrias químicas extraen productos cuyo valor comercial es extraordinario: la obtención del iodo de algunas algas (*Laminarias*, *Fucus*, etc.), la industria del bromo, la de la sal común, son pequeñas manifestaciones de riqueza comparadas con lo que debe ser la industria de los productos del mar.

En estos años se han iniciado ya una serie de trabajos para la determinación de la salinidad y oxígeno disuelto en las aguas del mar; no será, pues, difícil que, una vez comenzada la empresa, se generalice a la resolución de otros problemas marinos que ofrecen extraordinario interés.

Hasta el presente las investigaciones químicas oceanográficas que se han efectua-

(1) Véase *Campañas del «Balboa» por el Mediterráneo en 1914 y 1915. Investigaciones químicas por D. Jaime Ferrer*, así como la Memoria de D. Rafael de Buen *El Museo Oceanográfico de Mónaco y los trabajos en él realizados en 1910* y la de D. Fernando de Buen *Observaciones oceanográficas en la costa de San Sebastián en 1915*.

do se reducen a valores numéricos de la concentración salina y del oxígeno disuelto; con los resultados obtenidos es muy difícil, si no imposible, deducir leyes generales, las cuales, por otra parte, solo pueden ser probables cuando resultan de multitud de observaciones repetidas en condiciones análogas y durante muchos años; en cambio, si los trabajos se efectúan en pequeña escala, las consecuencias que de ellos deriven deben quedar circunscriptas a los lugares donde se practicaron las experiencias y a las fechas y condiciones en que se realizaron; en tales casos el principal papel de estas investigaciones es el de servir de puntos de mira que orienten al observador cada vez que haga estudios de la misma índole; sólo cuando de un gran número de investigaciones verificadas en condiciones análogas se deduzcan siempre las mismas consecuencias, podremos plantear una ley.

PRIMERA PARTE

DETERMINACION DE LA SALINIDAD DEL AGUA DEL MAR

Determinación de la salinidad

Arrastradas por los ríos las substancias solubles que forman parte de la superficie terrestre, poco a poco han ido acumulándose en los mares, aumentando así con el tiempo el contenido salino de sus aguas. La salinidad representa para nosotros un concepto relativo; es la cantidad en sales, substancias fijas todas ellas, que están contenidas en un volumen o peso determinado de agua de mar. Ordinariamente la concentración de las disoluciones se refiere a la cantidad en peso de substancia disuelta en un volumen determinado de disolución, por ejemplo, al número de gramos contenidos en un litro; no obstante, en los estudios oceanográficos verificados hasta hoy, se ha convenido en que la salinidad represente el número de gramos de sal que hay disueltos en un kilogramo de agua marina. Con esta hipótesis se evitan en los análisis algunas correcciones de las que no se podría prescindir si en lugar de referirnos a un peso nos refiriéramos a un volumen; tal es, por ejemplo, la corrección correspondiente a la dilatación que experimenta el líquido con la temperatura.

La salinidad es debida a compuestos, los más diversos, porque en el mar se encuentran representados todos los elementos de la Naturaleza; ahora bien, el predominio de unos y otros será consecuencia del grado de solubilidad de sus combinaciones, de su abundancia en los terrenos de transporte, de que sean o no absorbidos por los seres vegetales y, por lo tanto, retenidos en las tierras de labor, etc. No a otra causa obedece el hecho de que al lado de muy pocas sales potásicas se encuentren en el mar una gran cantidad de sales sódicas y magnésicas; que los cloruros y sulfatos sean las combinaciones más frecuentes, mientras que apenas haya fosfatos; y, por último, que de todas las sales disueltas, la que en mayor proporción se halla sea el cloruro sódico.

La proporción de estas sales no es la misma en todos los lugares, sino que varía

de uno a otro mar, y, aun en uno mismo, depende de la distancia a la costa, de la profundidad, etc., sin que para lograr el equilibrio sean suficientes las mareas ni las corrientes. La salinidad de los mares interiores difiere ordinariamente de la de los grandes oceanos; no pueden tener igual concentración las aguas del Mediterráneo, cuyo mar no está abierto más que por el Estrecho de Gibraltar y el Canal de Suez, y en el que la corriente del Estrecho es insuficiente para sostener el equilibrio de concentración, que las del Atlántico en donde las caudalosas corrientes marinas transportan las aguas desde las frías regiones polares hasta las muy cálidas del ecuador; desprovisto el Mediterráneo de ríos de importancia, azotado continuamente por los secos y cálidos vientos del Sahara, la evaporación es muy intensa, y, por consiguiente, su riqueza salina mayor que la de los océanos. Así lo prueba la serie de trabajos verificados por Comisiones Oceanográficas diferentes, las cuales, en estos últimos años, determinaron la salinidad en multitud de estaciones y a muy diferentes profundidades. Los estudios verificados por la Comisión Oceanográfica Española a bordo del cañonero *Vasco Núñez de Balboa* demuestran que la concentración salina del Mediterráneo suele oscilar entre 37°/$_{oo}$ y 38,5°/$_{oo}$, según la localidad y la profundidad; los trabajos que posteriormente ha realizado dicha Comisión por las costas gallegas del Atlántico y por toda nuestra costa del Cantábrico demuestran que en estas aguas la salinidad rara vez pasa del 35,7°/$_{oo}$. Variaciones de concentración que, con ser grandes, no llegan a adquirir la diferencia de valores que existe entre las de algunos mares cerrados, como el Mar Muerto, y la de otros en los cuales desembocan ríos caudalosos, como el Báltico. La salinidad del primero asciende, según observaciones de Stutzer y Reich, a 220°/$_{oo}$, mientras que la del Báltico no pasa del 20°/$_{oo}$ y en algún punto es sólo de 7°/$_{oo}$.

La determinación de la salinidad, para ser completa, supone la investigación de cada uno de los géneros salinos que la integran, o, mejor dicho, la determinación cuantitativa de cada uno de los iones y substancias ionizables que la componen; sin embargo, en los laboratorios de Oceanografía este problema sería imposible de realizar, porque a ellos se opone el crecido número de muestras que diariamente están pendientes de análisis; en la investigación del residuo seco se pierde todavía mucho tiempo. Cuando de un modo sistemático se efectúan observaciones para conocer la variación de salinidad ocurrida durante veinticuatro horas en un lugar determinado y a diversas profundidades, el número de muestras aportadas en aquel día al laboratorio es extraordinario, y esto, repetido con frecuencia y sumado a la labor diaria, darían un contingente de análisis tan grande que muy pronto obligarían a abandonar aquéllos métodos aun en los laboratorios mejor dotados de personal técnico y de material de trabajo.

Por estas razones hubo necesidad de estudiar procedimientos que condujeran rápidamente a la determinación de la salinidad, y cuyo error no traspasara un cierto límite. Para esto Knüdsen aconsejó valorar el cloro contenido en las aguas marinas en estado de cloro-ión; de sus largos estudios sobre las relaciones existentes entre la salinidad total y el cloro contenido por cada 1.000 gramos de agua, o sea, de lo que nosotros llamamos Cl°/$_{oo}$, dedujo una fórmula cuya aplicación conduce al valor de la salini-

dad; dicha fórmula contiene un factor constante y otro de proporcionalidad, y es la siguiente:

$$S = 0{,}030 + 1{,}805\ Cl\ ‰$$

Con su auxilio, Knüdsen dedujo la salinidad de las aguas marinas para valores de Cl ‰ comprendidos entre 1 y 23, y construyó unas tablas (véase *Hidrographische Tabellen Knüdsen)*, en las que al lado de los valores sucesivos de Cl ‰, desde 1 ‰ hasta 23‰ (variando por centésimas ‰) se encuentran anotados los valores correspondientes de la salinidad.

Knüdsen, no conformándose con estos datos, trató de relacionar la densidad del agua marina con su contenido en cloro, de modo que la investigación de este elemento proporcione también el valor de aquélla; por eso las tablas de Knüdsen contienen otras dos columnas en las que, frente a cada salinidad figuran los correspondientes valores de σ_0 y $\rho_{17,5}$ cuyo significado se interpreta a continuación. Cada uno de los valores σ_0 de las tablas se deducen de la expresión

$$\sigma_0 = (S_0 - 1)\ .\ 1.000,$$

en cuya fórmula S_0 representa el peso específico del agua marina a 0° referido a agua destilada a 4°; su valor en función del contenido en cloro de dicha agua se calcula por la expresión

$$\sigma_0 = -\ 0{,}069 - 1{,}4708\ Cl - 0{,}00157\ Cl^2 + 0{,}0000398\ Cl^3$$

El valor $\rho_{17,5}$ es el que se deduce de la fórmula

$$\rho_{17,5} = \left(\frac{S_{17,5}}{S'_{17,5}} - 1\right) \times 1.000$$

en la cual $S_{17,5}$ representa la densidad del agua marina a 17,5° referida a agua destilada a 4°, y $S'_{17,5}$ la densidad del agua destilada a 17,5° referida a agua destilada a 4°; por tanto

$$\frac{S_{17,5}}{S'_{17,5}} = S\left(\frac{17,5}{17,5}\right)$$

representa la densidad del agua del mar a 17,5° referida a agua destilada a 17,5°. Knüdsen calculaba $\rho_{17,5}$ mediante la fórmula

$$\rho_{17,5} = (0{,}1245\ \sigma_0 - 0{,}0595\ \sigma_0^2 + 0{,}000155\ \sigma_0^3) \times 1{,}029$$

expresión muy complicada y en íntima dependencia de los valores de cloro, puesto que contiene potencias de σ_0.

Según esto, la investigación de la salinidad se reduce a averiguar el cloro-ión que está contenido en un volumen determinado de agua marina, porque conocido el Cl ‰

que existe en un kilogramo de agua, la salinidad es resultado numérico de la fórmula anteriormente mencionada, y su valor se encuentra en las tablas.

Por las mismas razones anteriores el método de determinación del cloro-ión debe ser suficientemente rápido para que en poco tiempo se puedan realizar gran número de análisis, y además se necesita que el error no sobrepase cierto límite. Tales limitaciones excluyen el método gravimétrico, que consiste en pesar el cloro-ión al estado de cloruro de plata, y cuyo método es de gran exactitud. En cambio los métodos volumétricos de Mohr y de Volhard tienen la ventaja de ser rapidísimos y de que con ellos no se cometen grandes errores.

Hasta hoy, el procedimiento aceptado en los laboratorios de Oceanografía para determinar cuantitativamente el cloro-ión es el volumétrico de Mohr, expuesto en todas las obras de análisis. Este procedimiento se basa en la propiedad que tienen las sales de plata de precipitar con los cloruros solubles el cloruro argéntico, de color blanco; si además el líquido contiene unas gotas de cromato potásico la sal de plata producirá primeramente precipitado blanco, pero en el momento en que todo el cloro-ión haya reaccionado sobre el nitrato, la primera gota que se vierta de este líquido actuará sobre el cromato potásico, produciendo precipitado rojo de cromato argéntico. El precipitado rojo suele formarse desde un principio en los puntos en donde caen las gotas de nitrato de plata, pero basta agitar el líquido para que el color rojo desaparezca, y sólo queda permanente cuando todo el cloro ha precipitado y se deja caer una nueva gota de nitrato. Por consiguiente, el color rojo marca el fin del análisis y sirve de indicador. Empleando un volumen conocido de la disolución cuyo contenido en cloro-ión se va a determinar y añadiéndole dos gotas de disolución de cromato potásico diluído se puede valorar el cloro-ión contenido en este volumen. Para ello se vierte sobre él, poco a poco, y mediante una bureta otra disolución valorada de nitrato argéntico, y se continúa la adición de sal de plata hasta que el líquido adquiere tono rojizo permanente. Del número de centímetros cúbicos gastados se deduce, mediante el cálculo, el contenido de cloro de aquel volumen.

En los laboratorios de Oceanografía no se han aceptado para la investigación del cloro-ión ni el instrumental que emplean los laboratorios generales de química ni las disoluciones de nitrato argéntico ordinariamente utilizadas en éstos, sino que se usa material graduado especial y disoluciones de nitrato argéntico cuya concentración esté relacionada con la graduación de las buretas y con el contenido de las pipetas.

En este punto se siguen rigurosamente las indicaciones de Knüdsen y se trabaja con la bureta y pipeta de dicho autor. Una y otra son de fácil manejo y gran comodidad y con ellas se evita la enojosa tarea de mirar puntos de enrase, cuya operación siempre lleva consigo mucho tiempo; sin embargo, no están desprovistos de inconvenientes, y entre ellos los más importantes son la dificultad de limpiarlas y la de encontrarlas en el comercio en caso de rotura. Si ocurriera lo último, puede muy bien sustituirse la bureta Knüdsen por las que se utilizan en los laboratorios en los casos en que el reactivo se altera en contacto con el aire, y cuyo manejo no ofrece sobre la de Knüdsen más

desventaja que la de tener que observar el punto de enrase de cada análisis que se efectúa.

La pipeta de Knüdsen es una pipeta desprovista de tubulura lateral y llave. El conducto de ésta, en lugar de ser recto, es un arco de círculo, mediante cuya disposición la llave puede tomar tres posiciones, a saber: 1.ª Aquella en que el cuerpo principal de la pipeta comunica con su prolongación o rama de aspiración; 2.ª La posición en que la comunicación se establece entre el cuerpo de la pipeta y la tubulura lateral; 3.ª La disposición en que la llave está cerrada. La pipeta puede tener un volumen cualquiera, aunque ordinariamente, como sucede con las que hemos utilizado, son de 15 c. c. medidos a la temperatura de 17,5°. Esta pipeta no tiene ninguna señal de enrase; para llenarla se coloca la llave en la primera posición y se absorbe por la rama de aspiración hasta que el líquido llegue a la parte superior de la llave, en cuyo momento basta darle el giro conveniente para que quede en la posición tercera; para vaciar el líquido se coloca la llave en la posición segunda, a fin de que el aire entre por la rama lateral, se espera a que el líquido se vierta, y, al final, se recoge la última gota, que queda adherida en el extremo, cerrando nuevamente la llave y aplicando la mano a la pipeta para que con el calor el aire se dilate y la gota descienda.

La bureta Knüdsen consiste en un tubo graduado provisto en la proximidad de su extremo superior de una bola, y, por encima de ella, de una llave de dos vías; de estas dos, una la atraviesa perpendicularmente a la dirección de su eje y otra sigue la dirección de éste. Por la parte inferior, el tubo graduado se encorva, y termina en otra llave corriente que sirve para establecer la comunicación con el frasco en que está contenida la disolución; próximo al extremo inferior del tubo arranca una rama provista también de llave, cuyo objeto es dar salida al reactivo. Para abreviar la explicación designemos estas llaves con las letras *A*, *B* y *C*, respectivamente. La bureta de Knüdsen no está graduada en toda su longitud, sino únicamente en el intervalo comprendido entre la bola y la rama lateral de la parte inferior. El volumen total de la bureta asciende a 50 centímetros cúbicos y la graduación empieza por la parte superior con el número 16 y termina por la inferior con el 22; el volumen comprendido entre los trazos correspondientes a estos dos números es de 12 c. c., por consiguiente, el contenido entre cada dos números enteros será de 2 c. c.; lo cual nos dice que los números anteriores representan la mitad del volumen, medido en c. c., que hay entre la llave *A*, cuando está cerrada, y dicho número. El intervalo entre dos números enteros contiene 40 divisiones, cada una de las cuales aprecia 0,025, y el volumen comprendido entre cada dos de ellas es de 0,05 c. c.

La disposición de esta bureta y el juego de sus llaves indica que su objeto principal es abreviar tiempo en los análisis. Esta bureta se monta sobre un soporte conveniente y se enlaza con el frasco en que se encuentra la disolución valorada de nitrato de plata, mediante un tubo encorvado que obra de sifón; uno de los extremos de éste llega hasta el fondo del frasco y el otro se une con la llave de paso, *B*, situada en la parte inferior de la bureta. El tapón del frasco está, además, atravesado por un tubo de los

que se usan como desecadores, lleno de algodón en rama para que el aire que penetre en el frasco no contenga partículas de polvo, las cuales reducen la disolución de nitrato argéntico y disminuyen su título; con el mismo objeto, el frasco se envuelve en papel negro.

La disolución de nitrato de plata que se emplea en estos análisis posee una concentración que depende del volumen de la pipeta de Knüdsen, porque para abreviar operaciones y suprimir todo cálculo se ha convenido en preparar disoluciones cuya concentración responda a la condición siguiente: *el número de c. c. de disolución de nitrato argéntico gastados para valorar una muestra de agua cuyo volumen es el de la pipeta Knüdsen, ha de ser doble de la cantidad de cloro-ión contenido en un kilogramo de aquella,* o, lo que es lo mismo, representando por Cl $^{o}/_{oo}$ el cloro-ión de un kilogramo de agua, *el número obtenido en la lectura de la bureta debe expresar directamente el valor del* Cl $^{o}/_{oo}$.

A continuación se indican los cálculos necesarios para deducir la cantidad de nitrato argéntico que debe contener cada litro de disolución cuando se trabaja con una pipeta de Knüdsen de volumen conocido. El procedimiento a seguir es el que indica el Dr. Ferrer en su Memoria titulada *Campañas del «Balboa» por el Mediterráneo, 1914-1915*; de cuyo trabajo lo copiamos literalmente.

«El fundamento del método es la reacción

$$AgNO_3 + NaCl = AgCl + NaNO_3;$$

de ello se deduce que $\frac{AgNO_3}{170}$ equivalen a $\frac{Cl}{35,5}$, y que

1 de Cl será precipitado por 4,788 de $AgNO_3$, y
Cl $^{o}/_{o}$ » » » Cl $^{o}/_{oo} \times 4,788$.

Por lo tanto, si 1 litro de agua a analizar necesita Cl$^{o}/_{oo} \times 4,788$ gr. de $AgNO_3$, los N c. c. que se toman en cada ensayo necesitarán

$$\frac{N \text{ c. c.} \times Cl^{o}/_{oo} \times 4,788}{1.000} \text{ gr. de } AgNO_3.$$

Esta cantidad de nitrato de plata ha de estar disuelta en

$$n \text{ c. c.} = 2 \text{ Cl } {}^{o}/_{oo}$$

ya que los números que nos indican el Cl $^{o}/_{oo}$ son la mitad de los c. c. de solución empleada.

La cantidad de $AgNO_3$ necesaria para un litro de solución será

$$\frac{N \text{ c. c.} \times Cl \, {}^{o}/_{oo} \times 4,788}{n} = \frac{N \text{ c. c.} \times Cl \, {}^{o}/_{oo} \times 4,788}{2 \text{ Cl } {}^{o}/_{oo}} = N \text{ c. c.} \times 2,399 = A$$

cantidad que sólo depende del volumen de agua que en los ensayos se tome. Empleando las pipetas de Knüdsen, N = 15 c. c.; luego

$$A = 35{,}985 \text{ gr.}$$

Teóricamente se tomarán

$AgNO_3$	35,985
Agua	hasta 1.000 c. c.

La preparación de esta disolución por pesada directa no es recomendable, por la impurezas que puede llevar la sal, por la exactitud que exige la pesada y por los cuidados que hay que observar en estas preparaciones, cuidados que no siempre pueden tenerse en un laboratorio o estación oceanográfica; así es que se prepara una disolución de título aproximado, disolviendo en 1.000 c. c. de agua 39 gr. de nitrato de plata, y valorando esta disolución con el *agua normal*, cuyo $Cl°/_{oo}$ es conocido.»

Como la disolución de nitrato argéntico así obtenida no tiene un título tan exacto que se cumpla rigurosamente la condición anteriormente exigida, hay que recurrir a procedimientos especiales de correcciones que produzcan el mismo efecto.

Ahora bien, para hacer las correcciones lo primero que se necesita es conocer el título. La disolución de nitrato argéntico, aunque puede valorarse por cualquiera de los procedimientos de análisis expuestos en las obras generales de Química analítica, se dosifica ordinariamente en los laboratorios de Oceanografía mediante el agua normal, esto es, con agua de mar cuyo contenido de $Cl°/_{oo}$ se conoce de antemano con mucha exactitud. El agua normal se guarda en ampollas de vidrio cerradas a la lámpara y en las que está anotado el valor de $Cl°/_{oo}$ y el laboratorio en donde fué preparada.

Para hacer la valoración del nitrato argéntico se llena la pipeta de Knüdsen con agua normal (después de lavada con el mismo líquido), se vierte en un vaso de precipitados, de paredes gruesas, y a continuación se añaden dos gotas de disolución de cromato potásico. Simultáneamente se llena la bureta de Knüdsen con la disolución de nitrato argéntico, operación que se efectúa mediante un juego especial de sus llaves, fácil de comprender con el aparato a la vista, después se cierra la llave de paso *B* inferior y la superior *A* se deja en comunicación con la atmósfera por medio de su conducto longitudinal. Dispuesta así la bureta se abre la llave *C* de salida, situada en la parte inferior, con lo cual la disolución cae en chorro sobre la muestra de *agua normal*. Durante esta operación hay que evitar toda salpicadura del líquido contenido en el vaso, para lo cual basta seguir las reglas del análisis y agitar continuamente el líquido; la disolución se deja caer en chorro hasta que la mayor parte del cloro haya precipitado, después poco a poco, y al final por gotas, y durante todo este tiempo no debe cesar la agitación del quido. La operación termina cuando el líquido adquiere color rojo permanente. La lectura de la bureta es operación sencilla, si se tiene en cuenta que cada una de las divisiones representan 0,025 de cloro-ión $°/_{oo}$.

Punto menos que imposible es preparar una disolución de nitrato argéntico que al

valorarla con agua normal dé el mismo resultado que el que se indica en el tubo donde ésta va encerrada para las expediciones. De ordinario está más concentrada o más diluída; no obstante, dicha disolución sirve de reactivo para verificar los análisis y determinar el Cl °/₀₀; para ello no hay más que hacer una corrección de cálculo, que consiste en multiplicar por el factor de normalidad, o bien seguir las prescripciones de Knüdsen indicadas en sus *Hidrographische Tabellen.*

Supongamos que con un agua normal cuyo título es de 19,379 Cl °/₀₀ obtenemos al valorar la disolución de nitrato argéntico el número 19,250; esto quiere decir que la disolución de nitrato de plata es más concentrada de lo que conviene, puesto que 19,250 partes de ella equivalen a 19,379 de la disolución normal, esto es, de la que satisface a las condiciones exigidas anteriormente; entonces el factor de proporcionalidad se determina por la proporción siguiente:

$$\frac{19{,}250}{19{,}379} = \frac{1}{X}$$

de donde se deduce

$$X = 1{,}006$$

por consiguiente, en todas las determinaciones que se hagan con esta disolución habrá que multiplicar por dicho factor el número obtenido con la bureta de Knüdsen, y el producto expresará el Cl °/₀₀ de la muestra. Tal procedimiento lleva siempre consigo mucho tiempo por el excesivo número de cálculos que hay que hacer, aun cuando se simplifiquen las operaciones con el empleo de logaritmos; además, no ofrece una exactitud rigurosa, porque siendo las densidades de las muestras de agua de mar distintas de las que posee el agua normal, resulta que al tomar con la pipeta de Knüdsen volúmenes iguales de uno u otro líquido, los pesos son diferentes, y ya hemos dicho que estas determinaciones se refieren a un mismo peso, al kilogramo de agua.

Este error desaparece cuando se trabaja siguiendo las indicaciones de Knüdsen. Así se han obtenido en este trabajo todos los resultados numéricos. Para ello es necesario que el título del agua normal obtenido valorando la disolución de nitrato argéntico no difiera en más de 0,15°/₀₀ del que está contenido en la ampolla en que aquélla va encerrada; sólo en este caso podrá hacerse la corrección con las tablas de Knüden. En todos los demás habría necesidad de diluír o concentrar de antemano la disolución de NO_3 Ag, hasta tanto que el valor de Cl °/₀₀ obtenido en la valoración directa del agua normal no difiera en más de 0,15 °/₀₀ del que realmente tiene.

Supongamos que el Cl °/₀₀ del agua normal anotado en la ampolla es 19,379; dicho número quiere decir que en la valoración de este líquido deben gastarse de nitrato argéntico $19{,}379 \times 2 = 38{,}758$ centímetros cúbicos; si en la titulación directa obtenemos solamente 19,200, ello indica que de la sal de plata se consumieron 38,400 centímetros cúbicos; por consiguiente, esta disolución es más concentrada; para corregirla hay que diluír y añadir a cada 38,400 centímetros cúbicos los que indica la diferencia

38,758 — 38,400, esto es, 0,358; la cantidad de agua que habrá de añadirse a cada litro de disolución de nitrato argéntico, a fin de obtener un título exacto, se deduce por la proporción siguiente:

$$\frac{38{,}758}{0{,}358} = \frac{1.000}{X}$$

de donde

$$X = 9{,}2 \text{ c. c.}$$

Por lo tanto, se mide el volumen de la disolución y por cada litro se agregan 9,2 centímetros cúbicos de agua destilada. Si se trabaja con algún cuidado, después de una operación de tanteo en esta forma, la nueva disolución de nitrato argéntico cumple con la condición necesaria para poder utilizar las *Hidrographische Tabellen* de Knüdsen, porque entonces el título de la solución difiere en menos de 0,15 °/₀₀ del que tendría si fuera exacta.

Si la disolución de la sal de plata fuera más diluída del título que le corresponde, es decir, si en la valoración del agua normal se hubiera obtenido con aquélla un título superior al que se indica en la ampolla, habría que concentrar la disolución añadiéndole cristales de nitrato argéntico. En este caso la operación es más engorrosa que en el anterior, pero las dificultades no son invencibles.

Todos estos ensayos preliminares se practican con una bureta ordinaria, porque el manejo de la de Knüdsen es muy molesto cuando hay que montar y desmontar el aparato una vez cargado con la disolución de nitrato de plata.

Cuando la disolución tenga un título que no difiera en más de 0,15 °/₀₀ del indicado en la ampolla de agua normal, se averigua la corrección K que debe hacerse en todas las determinaciones de salinidad del modo siguiente: llamemos N el Cl °/₀₀ del agua normal, según el análisis de Christiania, y sea A el número leído en la bureta al hacer la valoración directamente; la diferencia $N - A = x$ nos permite hallar, mediante las tablas, el valor de K: este valor ha de sumarse algebráicamente al número de divisiones *a* obtenido en la titulación directa de la muestra de agua de mar. El valor de *x* se busca en la primera fila horizontal de las tablas, se desciende por la columna correspondiente hasta encontrar los dos números entre los que está comprendido *a;* frente al espacio situado entre ellos, en la última columna de la derecha, se encuentra el valor de la corrección K. Un ejemplo aclarará lo dicho anteriormente. El agua normal usada durante la primera campaña tenía por título N = 19,379 y con la primera disolución de nitrato de plata preparada para los análisis se obtuvo en la valoración directa A = 19,337; por lo tanto, $x = 0{,}04$. Si queremos corregir el número 19,250 encontrado en la operación 3, buscaremos en las tablas, por debajo de $x = 0{,}04$, los dos números entre los que está comprendido el ya citado 19,250; estos números son 19,55 y 19,12; a su derecha, en la última columna, se lee K = 0,04; luego el Cl °/₀₀ será 19,250 + 0,04 = 19,29 °/₀₀.

El método de Mohr tiene algunos inconvenientes y su uso ofrece bastantes repa-

ros. En primer lugar, es necesario que la disolución de NO_3Ag sea perfectamente neutra, para lo cual conviene tomar nitrato fundido, porque si la disolución es ácida el color rojo no aparece hasta que se ha consumido un exceso de precipitante; en efecto, en virtud de la reacción

$$CrO_4Ag_2 + 2\,NO_3H \rightleftarrows 2\,NO_3Ag + CrO_4H_2$$

que indica la solubilidad de cromato argéntico en el ácido nítrico, la precipitación del cromato de plata no empieza hasta que la concentración de sus iones $Cr\overline{=}O_4$ y $\bar{A}g$ alcanzan el valor del *producto de solubilidad* de esta sal, y esto se consigue aumentando la concentración del nitrato argéntico. No obstante, la causa de error mencionada es insignificante y creemos que puede desecharse. Más graves son otros errores que sólo dependen de la delicadeza con que procede el operador; tales son, por ejemplo, la facilidad con que salpica la disolución precipitante y el líquido problema, la tendencia que muestra el precipitado de cloruro argéntico a recogerse en grumos, los cuales retienen en su interior considerables cantidades de cloruros solubles, que de este modo se sustraen a la acción del nitrato argéntico, si aquéllos no se desmenuzan por frotamiento con una varilla de vidrio cuyos bordes estén fundidos; y, por último, la dificultad que hay en apreciar al final de la operación observando el tono de color rojo; para que los resultados puedan compararse, este tono debe ser el mismo en todas las operaciones, lo cual no sólo es difícil cuando se trata de operadores distintos, sino también para uno mismo, aun trabajando con el mayor cuidado. Añádanse a estos errores los procedentes de la diferencia de temperatura que a veces existe entre la solución de nitrato argéntico y del agua cuyo cloro-ión quiere investigarse, los que se puedan cometer a consecuencia de la complicación de llaves, malos ajustes de éstas, etc., y se comprenderá que tal vez no sea desacertado reconocer en estas circunstancias la causa de muchas anormalidades observadas en los resultados que se obtienen en una serie de análisis.

De todo lo cual se deduce la siguiente observación: ¿el método volumétrico de Mohr puede emplearse para la investigación del cloro-ión en las campañas oceanográficas? Es verdad que en las determinaciones analíticas de química oceanográfica no son los valores absolutos los que nos interesan, sino que en ellas tan sólo buscamos números relativos, los cuales tratamos de comparar; pero las diferencias entre los valores de cloro-ión obtenidas al valorar muestras diferentes de agua marina son tan pequeñas (cuando menos así ocurre en las tres campañas oceanográficas de Galicia), que juzgándolas serenamente, no sabemos si tales diferencias son reales o sólo son efecto de las causas de error mencionadas; todavía más, no sabemos si las anomalías tan frecuentemente encontradas en la concentración salina de aguas extraídas a diversas profundidades se deben también a los efectos de que el método adolece, o si, por el contrario, son consecuencia de perturbaciones momentáneas ocurridas en el seno de los mares. Lo cierto es, que, con mucha frecuencia, la salinidad no crece con la profundidad, y en ocasiones, hasta hay cambios bruscos. Por eso, creo atinadas las observaciones del Profesor Thoulet en carta dirigida a D. Rafael de Buen acerca de la anomalía que su-

pone encontrar, con harta frecuencia, que a una profundidad dada la salinidad sea menor que en otras regiones situadas por encima o debajo de aquélla, como si entre ellas hubiera una capa de agua, que a pesar de su menor densidad, se mantuviera en equilibrio. Esto sólo sería posible, suponiendo que por una alteración de la temperatura se compensara la densidad, o bien por la existencia de una corriente marina, pero se ha podido comprobar en muchas series de análisis verificados en un mismo lugar, que tales anomalías de salinidad no se pueden atribuir a un régimen anormal de temperaturas, por cuanto en la mayor parte de los casos éstas decrecían de un modo uniforme con la profundidad. Por consiguiente, estos casos demuestran la poca eficacia que tiene el método de Mohr para investigar el cloro-ión y por ende la salinidad en aquellas campañas oceanográficas que se verifican en regiones marinas de poca extensión superficial y entre profundidades de pocos metros de diferencia, como ocurre con las tres campañas realizadas por las costas gallegas durante los veranos de 1916 - 1917 y 1918; en éstas las diferencias existentes entre los valores de salinidad son de un orden que con frecuencia no sobrepasa al de los errores del método de trabajo. Basta decir, en prueba de mi aserto, que las mayores diferencias que he obtenido en los valores de salinidad durante los trabajos del verano de 1918 no suelen pasar de 0,30 $^{o}/_{oo}$ y ordinariamente de 0,10 $^{o}/_{oo}$. Estos datos, o inducen a dudar de la eficacia del método de Mohr, o nos llevan a la consideración de que a profundidades que no pasen de 25 metros, hasta cuya región se hicieron las numerosas series de análisis, la salinidad es aproximadamente constante; dos divisiones más o menos de la bureta de Knüdsen son las diferencias que ordinariamente se encuentran de un análisis a otro en la investigación del cloro-ión por las costas de Galicia; esto solamente representa 0,1 c. c. de disolución de NO_3Ag, cuyo volumen, con las llaves más finas, cae repartido en cuatro gotas. Se comprende la dificultad en obtener resultados exactos, máxime cuando el resultado final es discutible en las dos últimas gotas.

Campaña oceanográfica de 1916 realizada con el cañonero «Hernán Cortés» por las rías bajas de Galicia

Número de la operación	Estación	Profundidad en metros	Temperatura	Fecha	Hora	Valor hallado	Corrección	Cloro °/₀₀	Salinidad por °/₀₀	σ0	ρ17 5
3	II	Superficie	17°8	10-VII-1916		19,250	+ 0,04	19,290	34,85	28,00	26,62
4	»	95		»		19,650	+ 0,03	19,680	35,55	28,57	27,16
5	»	50	12°2	»		19,687	+ 0 03	19,717	35,61	28,62	27,20
6	»	25		»		19,606	+ 0,03	19,636	35,47	28,50	27,09
7	»	10	14°9	»		19,545	+ 0,04	19,585	35,38	28,43	27,02
8	»	Superficie	16°	»	11 h. 45 m.	19,187	+ 0,04	19,227	34,73	27,91	26,53
12	»	»	18°	»	3 h. 40 m.	19,250	+ 0,04	19,290	34,85	28,00	26,62
14	I	25	14°2	»		19,500	+ 0,04	19,540	35,30	28,37	26,96
15	»	10	16°6	»		19,412	+ 0,04	19,452	35,14	28,24	26,84
17	Ría Vigo	Superficie	17°	12-VII-1916		19,133	+ 0,04	19,173	34,63	27,83	26,45
19 (486)	II	90	11°7	»		19,665	+ 0,03	19,695	35,58	28,59	27,18
20 (487)	»	50	11°8	»		19,537	+ 0,04	19.577	35,36	28,42	27,01
21 (488)	»	25	12°4	»		19,625	+ 0,03	19,655	35,51	28,53	27.12
22 (489)	»	10	14°5	»		19,487	+ 0,04	19,527	35,27	28,34	26,94
23 (490)	»	Superficie	15°5	»		19,516	+ 0,04	19,556	35,33	28,39	26,98
24 (491)	Ría Vigo	»	17°2	»		19,145	+ 0,04	19,185	34,66	27,85	26,47
27 (494)	Vigo	25	12°85	»		19,605	+ 0,03	19,635	35,47	28,50	27,09
28 (495)	»	10	14°3	»		19,510	+ 0,04	19,550	35,32	28,38	26,98
29 (496)	»	Superficie	16°8	»	14h. 30m.	19,262	+ 0,04	19,302	34,87	28,02	26,63
30 (497)	»	»	17°5	14-VII-1916	8h. 15m.	19,275	+ 0,04	19,315	34,89	28,04	26,65
34 (501)	»	»	15°8	»	10h. 25m.	19,500	+ 0,04	19,540	35,30	28,37	26,96
35 (502)	»	100	11°8	»		19,650	+ 0,03	19,680	35,55	28,57	27,16
37 (504)	»	Superficie	16°5	»	12h.	19,405	+ 0,04	19,445	35,13	28,23	26,83
39 (506)	»	»	15°8	»	14h. 30m.	19,470	+ 0,04	19,510	35,25	28,32	26,92
40 (507)	»	10	15°5	»		19,545	+ 0,04	19,585	35,38	28,43	27,02
41 (508)	»	25	12°6	»		19,625	+ 0,03	19,655	35,51	28,53	27,12
44 (511)	»	Superficie	18°	»	16h. 25m.	19,350	+ 0,04	19,390	35,03	28,15	26,76
45 (512)	»	»	15°8	17-VII-1916	8h. 25m.	19,425	+ 0,04	19,465	35,16	28,26	26,86
49 (516)	»	»	15°7	»	10h.	19,525	+ 0,04	19,565	35,34	28,40	27,00
54 (521)	»	»	17°8	»	12h.	19,375	+ 0,04	19,415	35,07	28,18	26,79
55 (522)	»	»	22°5	»	14h. 25m.	19,425	+ 0,04	19,465	35,16	28,26	26,86
57 (524)	»	10	14°3	»	15h.	19,475	+ 0,04	19,515	35,25	28,33	26,93
59 (526)	»	Superficie	16°2	19-VII-1916	8h. 10m.	19,487	+ 0,04	19,527	35,27	28,34	26,94
63 (530)	»	»	16°8	»	10h.	19,512	+ 0,04	19,552	35,32	28,38	26,98
68 (535)	»	»	16°4	»	12h.	19,225	+ 0,04	19,265	34,80	27,97	26,58
70 (537)	»	»	16°4	»	14h.	19,337	+ 0,04	19,377	35,00	28,13	26,73
74 (541)	»	10	14°	»		19,558	+ 0,04	19,598	35,40	28,45	27,04
76 (543)	»	Superficie	17°	21-VII-1916	8h. 20m.	19,427	+ 0,04	19,467	35,16	28,26	26,86
80 (547)	»	»	18°2	»	10h.	19,630	+ 0,03	19,660	35,52	28,54	27.13
80 (553)	»	»	17°2	»	12h.	19,490	+ 0,04	19,530	35,28	28,35	26,95
92 (559)	»	»	17°	»		19,527	+ 0,04	19,567	35,34	28,40	27,00
95 (562)	Estanque I. Cies	»	24°5	»		19,877	+ 0,03	19,907	35,96	28,90	27,47
100 (566)	Vigo	»	18°8	24-VII-1916		19,452	+ 0,04	19,492	35,21	28,30	26,90
103 (569)	»	50	12°4	»		19,705	+ 0,03	19,735	35,65	28,65	27,23
104 (570)	»	25	12°8	»		19,655	+ 0,03	19,685	35,56	28,58	27,16
105 (571)	»	10	14°6	»		19,580	+ 0,03	19,610	35,43	28,47	27,06
106 (572)	»	Superficie	18°2	»		19,440	+ 0,04	19,480	35,19	28,28	26,88
110 (576)	»	»	18°7	»		19,370	+ 0,04	19,410	35,07	28,18	26,78
112 (578)	»	»	15°2	»		19,350	+ 0,04	19,390	35,03	28,15	26,76
115 (581)	»	»	19°2	26-VII-1916		19,450	+ 0,04	19,490	35,21	28,30	26,90
117 (583)	»	»	18°7	»		19,412	+ 0,04	19,452	35,14	28,34	26,84
119 (585)	»	15	13°6	»		19,605	+ 0,03	19,635	35,47	28,50	27,09
120 (586)	»	10	15°6	»		19,475	+ 0,04	19,515	35,25	28,33	26,93
123 (589)	»	Superficie	18°5	»		19,425	+ 0,04	19,465	35,16	28,26	26,86

Número de la operación	Estación	Profundidad en metros	Temperatura	Fecha	Hora	Valor hallado	Corrección	Cloro °/₀₀	Salinidad por °/₀₀	σ0	ρ17.5
124 (590)	Vigo	15	14°3	26-VII-1916		19,592	+ 0,03	19,622	35,44	28,48	27,07
125 (591)	»	10	15°4	»		19,500	+ 0,04	19,540	35,30	28,37	26,96
126 (592)	»	5	18°2	»		19,430	+ 0,04	19,470	35,17	28,27	26,87
128 (594)	»	Superficie	19°8	»		19,325	+ 0,04	19,365	34,98	28,11	26,72
131 (597)	»	50	12°3	28-VII-1916		19,670	+ 0,03	19,700	35,59	28,60	27,19
132 (598)	»	Superficie	18°	»		19,437	+ 0,04	19,477	35,18	28,27	26,87
134 (600)	»	15	13°65	»		19,513	+ 0,04	19,553	35,32	28,38	26,98
136 (602)	»	10	15°1	»		19,510	+ 0,04	19,550	35,32	28,38	26,98
137 (603)	»	Superficie	19°4	»		19,262	+ 0,04	19,302	34,87	28,02	26,63
137 (603)	»	5	19°44	»		19,458	+ 0,04	19,498	35,22	28,30	26,90
141 (607)	»	Superficie	18°5	»		19,275	+ 0,04	19,315	34,89	28,04	26,65
142 (608)	»	4	17°7	»		19,375	+ 0,04	19,415	35,07	28,18	26,79
145 (611)	»	Superficie	21°7	2-VIII-1916		19,450	— 0.01	19,440	35,12	28,22	26,83
148 (614)	»	4	14°3	»		19,675	— 0,02	19,655	35,51	28,53	27,12
149 (615)	»	Superficie	20°3	»		19,400	— 0,01	19,390	35,03	28,15	26,76
152 (618)	»	»	20°5	»		17,725	— 0,03	17,695	31,97	25,68	24,41
156 (622)	»	»	20°5	»		19,150	0,00	19,150	34,60	27,80	26,42
159 (625)	»	3,50	16°9	4-VIII-1916		19,475	— 0,01	19,465	35,16	28,26	26,86
160 (626)	»	Superficie	18°7	»		19,137	0,00	19,137	34,57	27,78	26,40
165 (631)	»	20	14°4	»		19,655	— 0,02	19,635	35,47	28,50	27,09
166 (632)	»	10	16°4	»		19,567	- 0,02	19,547	35,31	28,37	26,97
167 (633)	»	Superficie	18°8	»		19,452	— 0,01	19,442	35,12	28,22	26,83
169 (635)	»	»	19°8	5-VIII-1916		19,502	— 0,01	19,492	35,21	28,30	26,90
174 (640)	»	»	19°2	»		19,555	— 0,02	19,535	35,29	28,36	26,95
178 (644)	»	»	20°6	»		19,555	- 0,02	19,535	35,29	28,36	26,95
179 (645)	»	8	14°	»		19,605	— 0,02	19,585	35,38	28,43	27,02
180 (646)	»	5	17°35	»		19,580	— 0,02	19,560	35,34	28,40	26,99
182 (648)	»	Superficie	20°8	»		19,605	— 0,02	19,585	35,38	28,43	27,02
183 (649)	»	»	19°7	7-VIII-1916		19,605	— 0,02	19,585	35,38	28,43	27,02
186 (652)	»	75	12°4	»		19.730	— 0,02	19,710	35,61	28,62	27,20
187 (653)	»	50	12°4	»		19,762	— 0,02	19,742	35,66	28,66	27,24
188 (654)	»	25	15°9	»		19,712	— 0,02	19,692	35,57	28,59	27,17
189 (658)	»	Superficie	19°	»		19.687	— 0,02	19,667	35,52	28,55	27,13
192 (658)	»	5	16°7	»		19,637	— 0,02	19,617	35,43	28,47	27,06
193 (659)	»	2	18°4	»		19,650	— 0,02	19,630	35,46	28,50	27,09
194 (660)	»	Superficie	19°	»		19,612	- 0,02	19,592	35,39	28,44	27,03
198 (664)	»	»	18°8	»		19,462	— 0,01	19,452	35,14	28,24	26,84
199 (665)	»	19	14°	»		19,712	— 0,02	19,692	35,57	28,59	27,17
200 (666)	»	15	14°3	»		19,720	— 0,02	19,700	35,59	28,60	27,19
201 (667)	»	10	15°2	»		19,675	— 0,02	19,655	35,51	28,53	27,12
202 (668)	»	5	19°2	»		19,612	— 0,02	19,592	35,39	28,44	27,03
210 (676)	»	Superficie	21°8	»		19,600	— 0,02	19,580	35,37	28,43	27,02
211 (677)	»	»	20°4	»		19,650	— 0,02	19,630	35,46	28,50	27,09
214 (680)	»	»	15°8	»		19,725	— 0,02	19,705	35,60	28,61	27,19
215 (681)	»	25	13°5	»		19,737	- 0,02	19,717	35,61	28,62	27,20
216 (682)	»	10	13°8	»		19,725	— 0,02	19,705	35,60	28,61	27,19
217 (683)	»	5	15°13	»		19,712	— 0,02	19,692	35,57	28,59	27,17
222 (688)	»	Superficie	20°6	»		19,675	— 0,02	19,655	35,51	28,53	27,12
223 (689)	»	5	16°6	»		19,700	— 0,02	19,680	35,55	28,57	27,16
224 (690)	»	10	15°75	»		19,712	— 0,02	19,692	35,57	28,59	27,17
225 (691)	»	20	13°02	»		19,700	— 0,02	19,680	35,55	28,57	27,16
226 (692)	»	Superficie	18°2	10-VIII-1916		19.720	— 0,02	19,700	35,59	28,60	27,19
227 (693)	»	5	14°3	»		19,725	— 0,02	19,705	35,60	28,61	27,19
228 (694)	»	10	13°81	»	11 h.	19,750	— 0,02	19,730	35,64	28,64	27,23
229 (695)	»	20	13°	»	11 h.	19,700	— 0,02	19,680	35,55	28,57	27,16
235 (701)	»	Superficie	17°2	»		19,725	- 0,02	19,705	35,60	28,61	27,19
236 (702)	»	5	14°3	»		19,725	— 0,02	19,705	35,60	28,61	27,19
237 (703)	»	10	13°9	»		19,750	- 0,02	19,730	35,64	28,64	27,23
238 (704)	»	20	13°	»	16 h.	19,720	- 0,02	19,700	35,59	28,60	27,19
239 (705)	»	Superficie	16°2	»	20 h. 10 m.	19,712	- 0,02	19,692	35,57	28,59	27,17
240 (706)	»	5	14°6	»	16 h.	19,725	- 0,02	19,705	35,60	28,61	27,19
241 (707)	»	10	14°3	»	16 h.	19,750	— 0,02	19,730	35,64	28,64	27,23
242 (708)	»	20	13°6	»		19,737	— 0,02	19,717	35,61	28,62	27,20
243 (709)	»	Superficie	17°8	»		19,700	— 0,02	19,680	35,55	28,57	27,16

Número de la operación	Estación	Profundidad en metros	Temperatura	Fecha	Hora	Valor hallado	Correccion	Cloro °/₀₀	Salinidad por °/₀₀	σ0	ρ17.5
244 (710)	Vigo	5	15°8	10-VIII-1916		19,725	— 0,02	19,705	35,60	28,61	27,19
245 (711)		10	15°3	»		19,725	— 0,02	19,705	35,60	28,61	27,19
246 (712)		20		»		19,737	— 0,02	19,717	35,61	28,62	27,20
247 (713)		Superficie	18°	»	24h.	19,700	— 0,02	19,680	35,55	28,57	27,16
248 (714)		5	16°2	11-VIII-1916		19,725	— 0,02	19,705	35,60	28,61	27,19
249 (715)		10	15°7	»		19,712	— 0,02	19,692	35,57	28,59	27,17
250 (716)		20	13°2	»		19,725	— 0,02	19,705	35,60	28,61	27,19
251 (717)		Superficie		»		19,700	— 0,02	19,680	35,55	28,57	27,16
252 (718)		5		»		19,675	— 0,02	19,655	35,51	28,53	27,12
253 (719)		10		»		19,750	— 0,02	19,730	35,64	28,64	27,23
254 (720)		20		»		19,737	— 0,02	19,717	35,61	28,62	27,20
255 (721)		Superficie	19°	»		19,675	— 0,02	19,655	35,51	28,53	27,12
256 (722)		5	17°	»		19,700	— 0,02	19,680	35,55	28,57	27,16
257 (723)		10	13°8	»		19,725	— 0,02	19,705	35,60	28,61	27,19
258 (724)		20	12°9	»		19,725	— 0,02	19,705	35,60	28,61	27,19
259 (725)		Superficie	18°7	»		19,687	— 0,02	19,667	35,52	28,55	27,13
260 (726)		5	17°5	»		19,725	— 0,02	19,705	35,60	28,61	27,19
261 (727)		10	13°97	»		19,656	+ 0,05	19,700	35,59	28,60	27,19
262 (728)		20	12°9	»		19,670	+ 0,05	19,720	35,62	28,63	27,21
263 (729)		Superficie	19°5	»	8h. 16m.	19,600	+ 0,05	19,650	35,50	28,53	27,12
264 (730)		5	15°4	»		19,637	+ 0,05	19,687	35,56	28,58	27,16
265 (731)		10	14°05	»		19,650	+ 0,05	19,700	35,59	28,60	27,19
266 (732)		20	13°15	»		19,662	+ 0,05	19,712	35,61	28,62	27,20
268 (734)		Superficie	20°4	»		19,575	+ 0,05	19,625	35,45	28,49	27,08
270 (736)		»	20°5	»		19,475	+ 0,05	19,525	35,27	28,34	26,94
277 (743)		»	17°5	»		19,475	+ 0,05	19,525	35,27	28,34	26,94
280 (748)		»	14°7	»		19,575	+ 0,05	19,625	35,45	28,49	27,08
281 (747)		5	14°8	»		19,587	+ 0,05	19,637	35,47	28,50	27,09
282 (748)		10	14°25	»		19,625	+ 0,05	19,675	35,54	28,56	27,15
283 (749)		20	14°	»		19,625	+ 0,05	19,675	35,54	28,56	27,15
284 (750)		50	12°35	»		19,612	+ 0,05	19,662	35,52	28,54	27,13
288 (754)		Superficie	15°	»		19,550	+ 0,05	19,600	35,41	28,46	27,05
289 (755)		5	15°33	»		19,600	+ 0,05	19,650	35,50	28,53	27,12
290 (756)	Ría Arosa	10	13°7	16-VIII-1916		19,650	+ 0,05	19,700	35,59	28,60	27,19
291 (757)	»	20	18°1	»		19,637	+ 0,05	19,687	35,56	28,58	27,16
294 (760)	Villagarcía	Superficie	18°2	»		19,425	+ 0,05	19,475	35,18	28,27	26,87
295 (761)		»	17°7	»		19,400	+ 0,05	19,450	35,14	28,24	26,84
297 (763)		»	16°	»		19,537	+ 0,05	19,587	35,38	28,43	27,02
298 (764)		5	15°2	»		19,550	+ 0,05	19,600	35,41	28,46	27,05
299 (765)		10	14°65	»		19,550	+ 0,05	19,600	35,41	28,46	27,05
300 (766)		15	13°3	»		19,655	+ 0,05	19,705	35,60	28,61	27,19
304 (770)	Ría Arosa	Superficie	16°8	»		19,512	+ 0,05	19,562	35,34	28,40	26,99
305 (771)	Villagarcía	5	15°9	»		19,550	+ 0,05	19,600	35,41	28,46	27,05
306 (772)		10	14°65	»		19,600	+ 0,05	19,650	35,50	28,53	27,12
307 (773)		25	13°	»		19,650	+ 0,05	19,700	35,59	28,60	27,19
308 (774)		40	12°45	»		19,550	+ 0,05	19,600	35,41	28,46	27,05
312 (778)		Superficie	18°5	»		19,400	+ 0,05	19,450	35,14	28,24	26,84
317 (783)		»	18°7	»		19,625	+ 0,05	19,675	35,54	28,56	27,15
318 (784)		»	18°9	»		19,575	+ 0,05	19,625	35,45	28,49	27,08
320 (780)		25	12°6	»		19,725	+ 0,05	19,775	35,72	28,71	27,29
321 (787)		10	13°4	»		19,656	+ 0,05	19,700	35,59	28,60	27,19
322 (788)		5	15°17	»		19,650	+ 0,05	19,700	35,59	28,60	27,19
323 (789)		Superficie	16°8	»		19,650	+ 0,05	19,700	35,59	28,60	27,19
325 (791)		25	12°6	»		19,687	+ 0,05	19,737	35,65	28,65	27,23
326 (792)		10	13°85	»		19,625	+ 0,05	19,675	35,54	28,56	27,15
327 (793)		5	14°7	»		19,625	+ 0,05	19,675	35,54	28,56	27,15
328 (794)		Superficie	18°6	»		19,625	+ 0,05	19,675	35,54	28,56	27,15
331 (797)		»	19°1	»		19,575	+ 0,05	19,625	35,45	28,49	27,08
340 (806)		»	19°3	»		19,587	+ 0,05	19,637	35,47	28,50	27,09
341 (807)		5	17°7	»		19,625	+ 0,05	19,675	35,53	28,56	27,15
342 (808)		10	14°72	»		19,600	+ 0,05	19,650	35,50	28,53	27,12
343 (809)		25	12°75	»		19,650	+ 0,05	19,700	35,59	28,60	27,19
349 (815)		Superficie	17°1	»		19,612	+ 0,05	19,662	35,52	28,54	27,13
351 (817)		15	13°5	»		19,645	+ 0,05	19,695	35,58	28,59	27,18

Número de la operación	Estación	Profundidad en metros	Temperatura	Fecha	Hora	Valor hallado	Corrección	Cloro °/₀₀	Salinidad por °/₀₀	σ0	ρ17.5
352 (818)		10	14°8	16-VIII-1916		19,612	+ 0,05	19,662	35,52	28,54	27,13
353 (819)		5	18°14	»		19,575	+ 0,05	19,625	35,45	28,49	27,08
354 (820)		Superficie	19°	»		19,575	+ 0,05	19,625	35,45	28,49	27,08
358 (824)		»	20°			19,575	+ 0,05	19,625	35,45	28,49	27,08
367 (833)		»	19°8	»		19,600	+ 0,05	19,650	35,50	28,53	27,12
368 (834)		»	20°2	»		19,550	+ 0,05	19.600	35,41	28,46	27,05
374 (840)		»	19°5	»		19,562	+ 0,05	19,612	35,43	28,47	27,06
375 (841)		»	19°8	»		19,537	+ 0,05	19,587	35,38	28,43	27,02
376 (842)		5	19°1	»		19,537	+ 0,05	19,587	35,38	28,43	27,02
377 (843)		10	17°53	»		19,575	+ 0,05	19,622	35,44	28,48	27,07
378 (844)		20	16°9	»		19,550	+ 0,05	19,600	35,41	28,46	27,05

Con objeto de comparar fácilmente los resultados distribuyo las 193 operaciones anteriores en grupos, según la profundidad de captura; de ellas 86 son de superficie, 25 de aguas tomadas a 5 m., 33 de 10 m., 6 de 15 m., 14 de 20 m., 12 de 25 m., y 6 de 50 metros: en total 182; las 11 restantes son análisis de aguas capturadas a profundidades variables, en que las mayores correspondientes a los números 4, 19 y 35 son de 95, 90 y 100 metros respectivamente.

De esta manera podremos estudiar gráficamente los resultados obtenidos en algunas de las profundidades anteriormente indicadas, llevando sobre el eje de las abscisas los números de las operaciones, a los cuales, para mayor facilidad consideraremos correlativos en cada grupo, y tomando sobre el eje de ordenadas la salinidad. La unidad elegida para la construcción de los gráficos variará de uno a otro según el número de operaciones, con objeto de que algunas de las curvas no resulte excesivamente grande.

En el gráfico de los análisis de agua superficial prescindimos de las operaciones números 95 (562) y 152 (618), porque los valores 35,90 °/₀₀ y 32,07 °/₀₀ obtenidos para la salinidad son anormales, ya que se trata de operaciones practicadas, la primera en un estanque, cerca de las islas Cies, y la segunda, en la proximidad de la desembocadura de un río, cerca de Redondela; por lo tanto, la primera con un exceso de salinidad y a una temperatura más elevada, y la segunda con mucha menos sal, a causa de la dilución con el agua dulce del arroyuelo.

El valor medio de los resultados que se indican en el gráfico de la salinidad superficial es de 35,24 °/₀₀. Puede observarse que la salinidad va variando desde el principio de la campaña, 10 de Julio, hasta fin de la misma, en 31 de Agosto, subdividiéndose este período en dos partes: la primera, en que la salinidad varía de 35 °/₀₀ a 35,30 °/₀₀; y la segunda, de 35,30 °/₀₀ a 35,60 °/₀₀; interrumpidas ambas por dos o tres operaciones de resultado algo inferior, que corresponden, indudablemente, a regiones de la ría más o menos influídas por el agua dulce que a ella afluye.

Los valores expresados en el gráfico de cinco metros apenas se diferencian unos de otros, pues salvo las tres primeras determinaciones, todas las restantes dieron números que oscilan entre 35,40 y 35,60 °/₀₀, es decir, diferencias inferiores a 0,20 °/₀₀; el valor medio de la salinidad en las 25 determinaciones a cinco metros ha sido 35,40 por 1.000.

A la profundidad de 10 metros, como en la superficie, volvemos a notar un pequeño crecimiento, pero los resultados en las 33 determinaciones, oscilan también entre 35,25 °/₀₀ y 35,65 °/₀₀, siendo el valor medio de todas ellas 35,47 °/₀₀.

El valor medio de los seis análisis practicados a la profundidad de 15 metros, es 35,49 °/₀₀; a causa del pequeño número de operaciones es el que menos garantías ofrece; sin embargo, la oscilación no pasa de 0,30 °/₀₀.

A la profundidad de 20 metros se encuentra la mínima variación de salinidad en las 14 operaciones analíticas ejecutadas, ya que, a excepción de la última, dan valores cuya diferencia es inferior a 0,15 °/₀₀; el valor medio de todas ellas es 35,56 °/₀₀.

La salinidad a 25 metros va creciendo paulatinamente desde 35,30 °/₀₀ hasta

35,70 °/₀₀, si bien, casi todos los resultados están comprendidos entre 35,50 °/₀₀ y 35,65 °/₀₀; la media de la salinidad a esta profundidad es 35,53 °/₀₀.

La curva de salinidad a la profundidad de 50 metros recuerda mucho a la obtenida a 15 metros, y su valor medio es 35,55 °/₀₀. Decimos aquí lo que de la profundidad de 15 metros; el número de operaciones es demasiado corto para sentar conclusiones, el valor medio resulta análogo al obtenido a la profundidad de 20 metros.

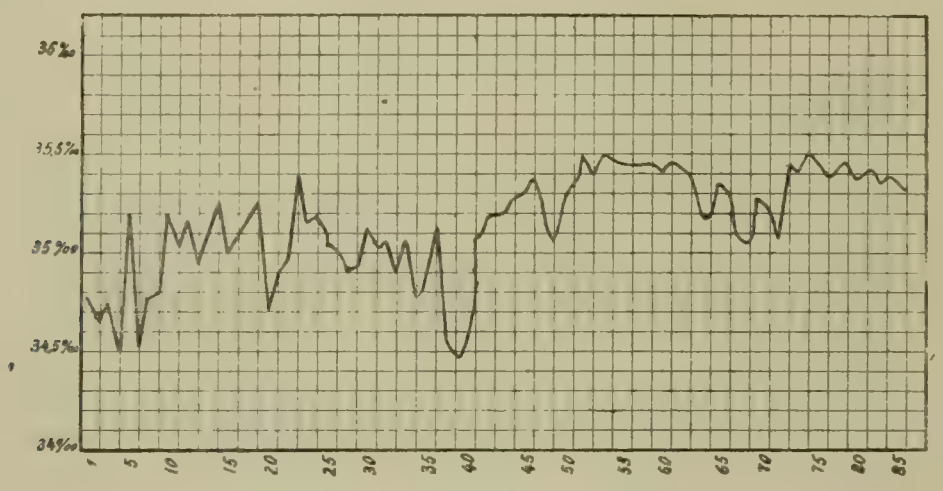
Así, pues, los valores medios la salinidad en cada una de las profundidades antes mencionadas son los siguientes:

Superficie		.....	35,24 °/₀₀
Profundidad	5	metros	35,40 °/₀₀
»	10	»	35,47 °/₀₀
»	15	»	35,49 °/₀₀
»	20	»	35,56 °/₀₀
»	25	»	35,53 °/₀₀
»	50	»	35,55 °/₀₀

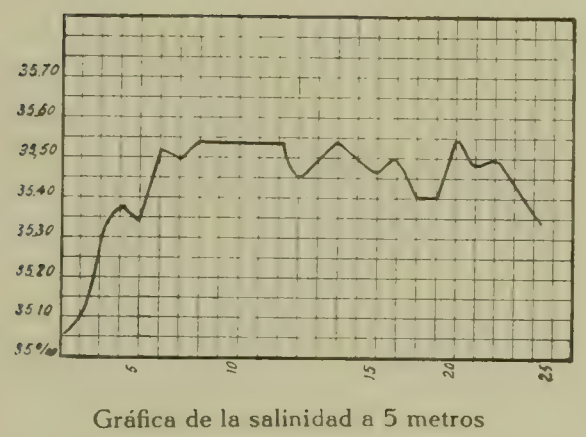
que podemos representar gráficamente tomando las profundidades como abscisas y las salinidades como ordenadas.

La curva obtenida con estos valores medios es cóncava hacia el eje de las abscisas y nos dice que la salinidad crece con la profundidad desde la superficie hasta los 50 metros; la diferencia entre los valores extremos oscila tan sólo en 0,30 °/₀₀ y la salinidad alcanza un pequeño máximo a los 20 metros.

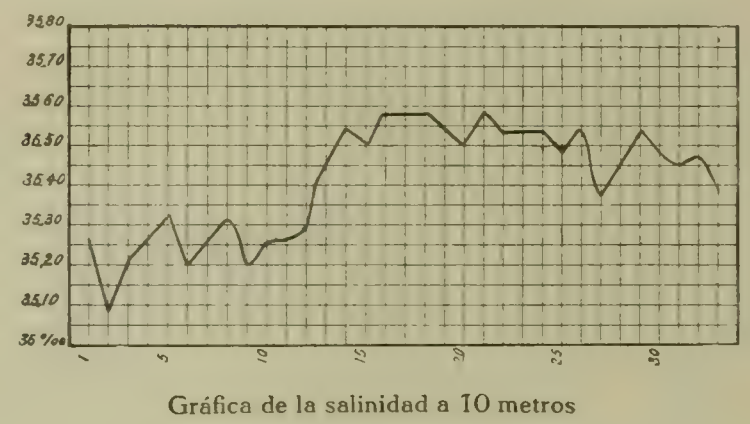
Como las operaciones 4, 19 y 35, practicadas a 95, 90 y 100 metros, respectivamente, dan la salinidad 35,55, 35,57 y 35,55, podemos admitir que la zona de salinidad constante empieza a los 20 metros, manteniéndose así, cuando menos, hasta los 100 metros.



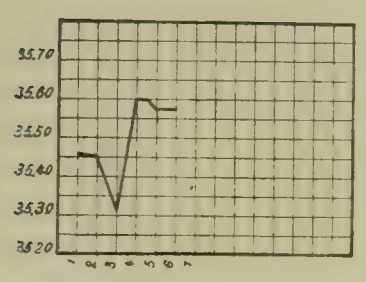
Gráfica de la salinidad del agua superficial



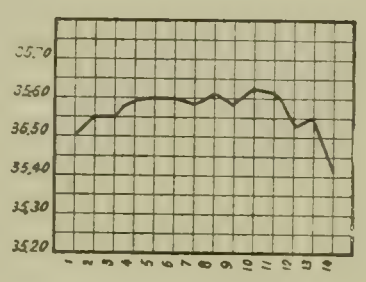
Gráfica de la salinidad a 5 metros



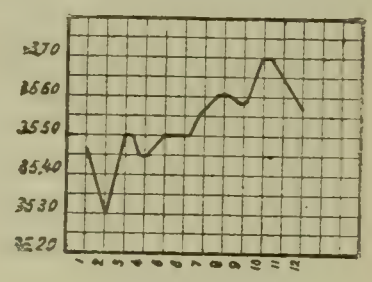
Gráfica de la salinidad a 10 metros



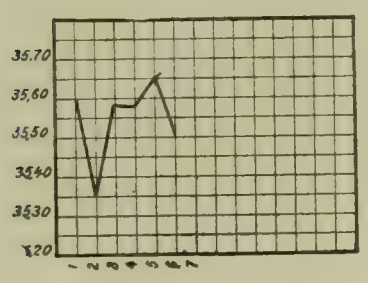
Salinidad a 15 metros



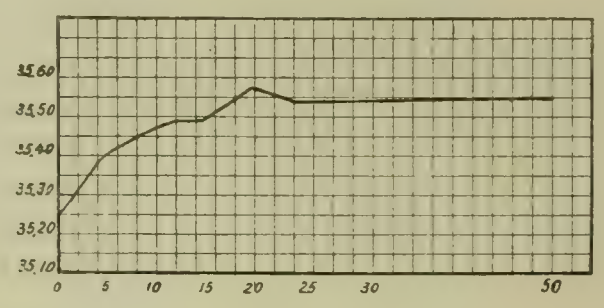
Salinidad a 20 metros



Salinidad a 25 metros



Salinidad a 50 metros



Gráfica construída con los valores medios de salinidad

Campaña oceanográfica de 1917, realizada con el crucero «Río de la Plata» por las rías bajas de Galicia

Número de la operación	Estación	Profundidad en metros	Temperatura	Fecha	Hora	Valor hallado	Corrección	Cloro °/₀₀	Salinidad por °/₀₀	σ0	ρ17,5
908	Dentro I. Cies	Superficie	16°8	30-VII-1917		19,550	0,00	19,550	35,32	28,38	26,98
909	»	5	13°4	»		19,575	0,00	19,575	35,36	28,42	27,01
910	»	10	12°4	»		19,575	0,00	19,575	35,36	28,42	27,01
911	»	25	10°85	»		19,650	0,00	19,650	35,50	28,53	27,12
924	»	Superficie	17°8	»		19,575	0,00	19,575	35,36	28,42	27,01
925	»	5	13°5	»		19,575	0,00	19,575	35,36	28,42	27,01
926	»	10	12°40	»		19,575	0,00	19,575	35,36	28,42	27,01
927	»	25	11°1	»		19,675	0,00	19,675	35,54	28,56	27,15
935 (91)	»	Superficie	15°	1-VIII-1917		19,575	0,00	19,575	35,36	28,42	27,01
936 (92)	»	5	14°5	»		19,625	0,00	19,625	35,45	28,49	27,08
942 (98)	»	Superficie	14°4	»		19,575	0,00	19,575	35,36	28,42	27,01
944 (100)	»	»	16°2	»		19,650	0,00	19,650	35,50	28,53	27,12
945	Ría Vigo	Superficie	15°5	6-VIII-1917		19,675	0,00	19,675	35,54	28,56	27,15
946	»	5	13°1	»		19,675	0,00	19,675	35,54	28,56	27,15
947	»	10	12°8	»		19,675	0,00	19,675	35,54	28,56	27,15
948	»	25	11°	»		19,675	0,00	19,675	35,54	28,56	27,15
953	»	Superficie	14°8	»		19,662	0,00	19,662	35,52	28,54	27,13
955	»	5	13°	»		19,662	0,00	19,662	35,52	28,54	27,13
956	»	10	12°2	»		19,675	0,00	19,675	35,54	28,56	27,15
957	»	25	10°8	»		19,675	0,00	19,675	35,54	28,56	27,15
958	»	Superficie	14°4	»		19,662	0,00	19,662	35,52	28,54	27,13
959	»	»	14°6	»		19,675	0,00	19,675	35,54	28,56	27,15
967	»	5	17°3	13-VIII-1917		19,600	0,00	19,600	35,41	28,46	27,05
968	»	10	15°7	»		19,675	0,00	19,675	35,54	28,56	27,15
969	»	25	13°7	»		19,650	+ 0,05	19,700	35,59	28,60	27,19
973	»	Superficie	15°3	»		19,600	+ 0,05	19,650	35,50	28,53	27,12
974	»	5	14°7	»		19,650	+ 0,05	19,700	35,59	28,60	27,19
976	»	Superficie	14°8	»		19,600	+ 0,05	19,650	35,50	28,53	27,12
977	»	5	14°7	»		19,575	+ 0,05	19,625	35,45	28,49	27,08
978	»	Superficie	14°8	»		19,575	+ 0,05	19,625	35,45	28,49	27,08
980	»	4	14°6	»		19,725	+ 0,05	19,775	35,72	28,71	27,29
966	»	Superficie	17°8	»		19,525	+ 0,06	19,585	35,38	28,43	27,02
986	»	»	17°7	16-VIII-1917		19,450	+ 0,06	19,510	35,25	28,32	26,92
987	»	5	14°5	»		19,525	+ 0,05	19,575	35,36	28,42	27,01
988	»	10	13°4	»		19,487	+ 0,06	19,540	35,30	28,37	26,96
992	»	Superficie	18°2	»		19,537	+ 0,05	19,587	35,38	28,43	27,02
993	»	5	15°	»		19,475	+ 0,06	19,535	35,29	28,36	26,95
994	»	10	13°6	»		19,550	+ 0,05	19,600	35,41	28,46	27,05
997	»	Superficie	17°4	»		19,600	+ 0,05	19,650	35,50	28,53	27,12
998	»	5	12°5	»		19,575	+ 0,05	19,625	35,45	28,49	27,08
1005 (161)	»	Superficie	17°3	20-VIII-1917		11,612	+ 0,05	19,662	35,52	28,54	27,13
1006 (162)	»	25	13°2	»		19,725	+ 0,05	19,775	35,72	28,71	27,29
1007 (163)	»	10	14°9	»		19,650	+ 0,05	19,700	35,59	28,60	27,19
1008 (164)	»	5	16°7	»		19,600	+ 0,05	19,650	35,50	28,53	27,12
1009 (165)	»	Superficie	17°5	»		19,575	+ 0,05	19,625	35,45	28,49	27,08
1010 (166)	»	25	13°3	»		19,650	+ 0,05	19,700	35,59	28,60	27,19
1011 (167)	»	10	14°7	»		19,625	+ 0,05	19,675	35,54	28,56	27,15
1012 (168)	»	5	16°6	»		19,600	+ 0,05	19,650	35,50	28,53	27,12
1014 (170)	»	Superficie	17°3	»		19,575	+ 0,05	19,625	35,45	28,49	27,08
1015 (171)	»	25	13°2	»		19,650	+ 0,05	19,700	35,59	28,60	27,19
1016 (172)	»	10	14°3	»		19,625	+ 0,05	19,675	35,54	28,56	27,15
1017 (173)	»	5	15°9	»		19,600	+ 0,05	19,650	35,50	28,53	27,12
1020 (176)	»	Superficie	17°	»		19,600	+ 0,05	19,650	35,50	28,53	27,12
1021 (177)	»	25	13°	»		19,675	+ 0,05	19,725	35,63	28,63	27,22
1022 (178)	»	10	13°8	»		19,625	+ 0,05	19,675	35,54	28,56	27,15
1023 (179)	»	5	16°3	»		19,625	+ 0,05	19,675	35,54	28,56	27,15
1025 (181)	»	Superficie	16°3	»		19,600	+ 0,05	19,650	35,50	28,53	27,12
1026 (182)	»	25	12°6	»		19,650	+ 0,05	19,700	35,59	28,60	27,19
1027 (183)	»	10	13°9	»		19,650	+ 0,05	19,700	35,59	28,60	27,19

Número de la operación	Estación	Profundidad en metros	Temperatura	Fecha	Hora	Valor hallado	Corrección	Cloro °/₀₀	Salinidad por °/₀₀	σ0	ρ17,5
1028 (184)	Ría Vigo	5	14°5	20-VIII-1917		19,625	+ 0,05	19,675	35,54	28,56	27,15
1033 (189)	»	Superficie	16°7	»		19,612	+ 0,05	19,662	35,52	28,54	27,13
1034 (190)	»	25	12°6	»		19,637	+ 0,05	19,687	35,56	28,58	27,16
1035 (191)	»	10	14°7	»		19,650	+ 0,05	19,700	35,59	28,60	27,19
1036 (192)	»	5	15°6	»		19,600	+ 0,05	19,650	35,50	28,53	27,12
1037 (193)	»	Superficie	16°9	»		19,600	+ 0,05	19,650	35,50	28,53	27,12
1038 (194)	»	25	12°6	»		19,625	+ 0,05	19,675	35,54	28,56	27,15
1039 (195)	»	10	16°2	»		19,600	+ 0,05	19,650	35,50	28,53	27,12
1040 (196)	»	5	17°	»		19,600	+ 0,05	19,650	35,50	28,53	27,12
1043 (199)	»	Superficie	16°8	21-VIII-1917		19,587	+ 0,05	19,637	35,47	28,50	27,09
1044 (200)	»	25	12°6	»		19,625	+ 0,05	19,675	35,54	28,56	27,15
1045 (201)	»	10	16°5	»		19,600	+ 0,05	19,650	35,50	28,53	27,12
1046 (202)	»	5	16°8	»		19,575	+ 0,05	19,625	35,45	28,49	27,08
1047 (203)	»	Superficie	16°7	»		19,587	+ 0,05	19,637	35,47	28,50	27,09
1048 (204)	»	25	13°	»		19,650	+ 0,05	19,700	35,59	28,60	27,19
1049 (205)	»	10	15°2	»		19,600	+ 0,05	19,650	35,50	28,53	27,12
1050 (206)	»	5	16°6	»		19,600	+ 0,05	19,650	35,50	28,53	27,12
1053 (209)	»	Superficie	16°6	»		19,600	+ 0,05	19,650	35,50	28,53	27,12
1054 (210)	»	25	12°6	»		19,625	+ 0,05	19,675	35,54	28,56	27,15
1055 (211)	»	10	13°8	»		19,600	+ 0,05	19,650	35,50	28,53	27,12
1056 (212)	»	5	14°9	»		19,625	+ 0,05	19,675	35,54	28,56	27,15
1057 (213)	»	Superficie	16°2	»		19,600	+ 0,05	19,650	35,50	28,53	27,12
1058 (214)	»	25	12°6	»		19,650	+ 0,08	19,730	35,64	28,64	27,23
1059 (215)	»	10	13°8	»		19,650	+ 0,08	19,730	35,64	28,64	27,23
1060 (216)	»	5	14°6	»		19,600	+ 0,08	19,680	35,55	28,57	27,16
1063 (219)	»	Superficie	16°5	»		19,575	+ 0,08	19,655	35,51	28,53	27,12
1064 (220)	»	25	12°4	»		19,625	+ 0,08	19,705	35,60	28,61	27,19
1065 (221)	»	10	13°8	»		19,600	+ 0,08	19,680	35,55	28,57	27,16
1066 (222)	»	5	14°2	»		19,600	+ 0,08	19,680	35,55	28,57	27,16
1071 (227)	»	Superficie	17°	24-VIII-1917		19,600	+ 0,08	19,680	35,55	28,57	27,16
1074 (230)	»	»	16°5	»		19,600	+ 0,08	19,680	35,55	28,57	27,16
1077	»	»	14°2	27-VIII-1917		19,600	+ 0,08	19,680	35,55	28,57	27,16
1078	»	10	14°5	»		19,600	+ 0,08	19,680	35,55	28,57	27,16
1079	»	5	14°4	»		19,600	+ 0,08	19,680	35,55	28,57	27,16
1084 (240)	»	Superficie	15°9	»		19,575	+ 0,08	19,655	35,51	28,53	27,12
1085 (241)	»	»	16°	»		19,575	+ 0,08	19,655	35,51	28,53	27,12
1094	»	»	16°2	31-VIII-1917		19,475	+ 0,08	19,555	35,33	28,39	26,98
1095	»	5	16°3	»		19,575	+ 0,08	19,655	35,51	28,53	27,12
1096	»	10	16°25	»		19,575	+ 0,08	19,655	35,51	28,53	27,12
1097	»	25	13°7	»		19,625	+ 0,08	19,705	35,60	28,61	27,19
1098	»	50	10°2	»		19,625	+ 0,08	19,705	35,60	28,61	27,19
1099	»	Superficie	16°6	»		19,575	+ 0,08	19,655	35,51	28,53	27,12
1103	»	»	17°	»		19,600	+ 0,08	19,680	35,55	28,57	27,16
1109	»	»	16°3	»		19,550	+ 0,08	19,630	35,46	28,50	27,09
1118	»	»	17°8	1-IX-1917		19,575	+ 0,08	19,655	35,51	28,53	27,12
1119	»	10	14°5	»		19,600	+ 0,08	19,680	35,55	28,57	27,16
1120	»	5	16°1	»		19,600	+ 0,08	19,680	35,55	28,57	27,16
1127	»	Superficie	14°3	4-IX-1917		19,575	+ 0,08	19,655	35,51	28,53	27,12
1128	»	25	14°1	»		19,625	+ 0,08	19,705	35,60	28,61	27,19
1129	»	10	14°6	»		19,600	+ 0,08	19,680	35,55	28,57	27,16
1130	»	5	14°9	»		19,600	+ 0,08	19,680	35,55	28,57	27,16
1132	»	25	13°6	»		19,650	+ 0,08	19,730	35,64	28,64	27,23
1133	»	10	14°5	»		19,625	+ 0,08	19,705	35,60	28,61	27,19
1134	»	5	14°7	»		19,625	+ 0,08	19,705	35,60	28,61	27,19
1137	»	Superficie	14°3	»		19,600	+ 0,08	19,680	35,55	28,57	27,16
1138	»	25	13°1	»		19,625	+ 0,08	19,705	35,60	28,61	27,19
1139	»	10	14°45	»		19,600	+ 0,08	19,680	35,55	28,57	27,16
1140	»	5	14°5	»		19,600	+ 0,08	19,680	35,55	28,57	27,16
1145	»	Superficie	15°5	7-IX-1917		19,575	+ 0,08	19,655	35,51	28,53	27,12
1150	»	»	16°2	»		19,600	+ 0,08	19,680	35,55	28,57	27,16
1156	»	»	16°5	»		19,575	+ 0,08	19,655	35,51	28,53	27,12
1160	»	»	16°	»		19,575	+ 0,08	19,655	35,51	28,53	27,12

Siguiendo un plan análogo al que empleamos en las páginas anteriores para describir los resultados que se obtuvieron durante la campaña oceanográfica realizada en el verano de 1916, se exponen aquí los gráficos de salinidad correspondientes a cada una de las profundidades a que se hicieron las investigaciones durante el verano de 1917.

El gráfico núm. 1 indica la variación de salinidad superficial desde 30 de Julio a 31 de Agosto. Aunque los resultados no sean rigurosamente comparables, por la diversidad de puntos en que los análisis se efectuaron, su observación tiene, sin embargo, algún interés; en efecto, estas curvas demuestran que, excepto en un reducido número de determinaciones, los valores de salinidad superficial son muy próximos y aparecen comprendidos entre 35,45 °/₀₀ y 35,55 °/₀₀. El valor medio de todos ellos está expresado por 35,47 °/₀₀.

El gráfico núm. 2 indica la variación de salinidad a 5 metros; este gráfico es muy análogo al anterior, no sólo porque la salinidad oscila entre valores muy próximos, sino también porque la salinidad media resulta expresada por el mismo número, esto es, por 35,47 °/₀₀.

Mayor contenido salino corresponde, de ordinario, a la profundidad de 10 metros, pues según el gráfico núm. 3 varía entre 35,50 °/₀₀ y 35,60 °/₀₀; su valor medio es de 35,50 °/₀₀.

El gráfico núm. 4, representativo de la salinidad a 25 metros, nos indica que los valores de ésta oscilan de ordinario entre 35,55 °/₀₀ y 35,65°/₀₀; su salinidad media asciende a 35,57 °/₀₀.

Construyendo una curva en que las abscisas representen profundidades y las ordenadas los valores correspondientes de la salinidad tendremos la curva representativa de las variaciones medias de este factor entre 0 y 25 metros, curva que aparece en el gráfico núm. 5.

Para estudiar en ella la variación que experimenta la salinidad por cada metro que la profundidad crece, basta utilizar la fórmula $F = \frac{Sp - Sp'}{p - p'}$, en la cual p y p′ son profundidades y Sp y Sp′ las salinidades correspondientes.

Tomando las salinidades medias antes indicadas, a 0, 5, 10 y 25 metros, resulta:

De 0 a 5 m	F	0,000
De 5 a 10 m	F	0,006
De 10 a 25 m	F	0,005

Lo que indica un régimen de salinidad constante desde la superficie hasta los 5 metros y un aumento de salinidad casi constante desde los 5 hasta los 25 metros. Aumento muy pequeño que oscila entre los valores 0,005 °/₀₀ y 0,006 °/₀₀ por cada metro de profundidad.

Los gráficos siguientes muestran las relaciones existentes entre la salinidad y la profundidad, siempre que cada serie de operaciones se haya verificado en un mismo lu-

gar. La forma de estas curvas demuestra que, en general, la salinidad aumenta a medida que la profundidad crece, y es muy raro encontrar una serie de determinaciones cuyas curvas presenten algún mínimo; a veces, como ocurre en los gráficos números 8, 9, 16 y 25 la salinidad es sensiblemente constante entre 0 y 25 metros, y en casi todos los demás las oscilaciones no son bruscas, puesto que los segmentos de las curvas ofrecen inclinaciones suaves.

En el gráfico núm. 6 el valor de F para las dos ramas ascendentes es:

De 0 a 5 m	F	0,006
De 10 a 25 m	F	0,010

y en el núm. 7 el correspodiente valor de F es 0,012 entre 10 y 25 metros.

Dignas de especial consideración son las investigaciones de salinidad verificadas cada dos horas durante las veinticuatro trascurridas desde las 9 horas de la mañana del día 20 de Agosto hasta la misma hora del 21, y cuyas observaciones se hicieron en la proximidad de las islas Cíes.

Las variaciones de salinidad encontradas en cada serie de operaciones se indican en los gráficos números 10 al 21 inclusive, en los cuales se notan algunas analogías. En dichos gráficos las curvas con mínimos son muy pocas y corresponden a las figuras números 10, 13, 17 y 19, en las que el mínimo apenas se hace sensible. Prueba de ello son los pequeños valores de F que corresponden a las ramas descendentes; estos valores demuestran que la disminución del contenido salino a medida que la profundidad crece es casi insignificante en dichos casos; en efecto:

Gráfico núm. 10:	de 0 a 5 m	F	0,004
» núm. 13:	de 0 a 5 m	F	0,002
» núm. 13:	de 10 a 25 m	F	0,006
» núm. 17:	de 0 a 5 m	F	0,004
» núm. 19:	de 5 a 10 m	F	0,008

Nótese que en todos los gráficos la salinidad crece muy suavemente con la profundidad, exceptuando la región de 0 a 5 metros, en la cual unas veces no varía y otras, las más frecuentes, disminuye débilmente hasta ofrecer a 5 metros un mínimo; así ocurre en los gráficos números 10, 13 y 17.

En la fig. 22 aparece una curva que indica las variaciones medias de salinidad ocurridas desde el 20 al 21 de Agosto entre 0 y 25 metros; estos valores medios son los siguientes:

Salinidad media a	0 m	35,48	‰
»	5 m	35,51	‰
»	10 m	35,54	‰
»	25 m	35,58	‰

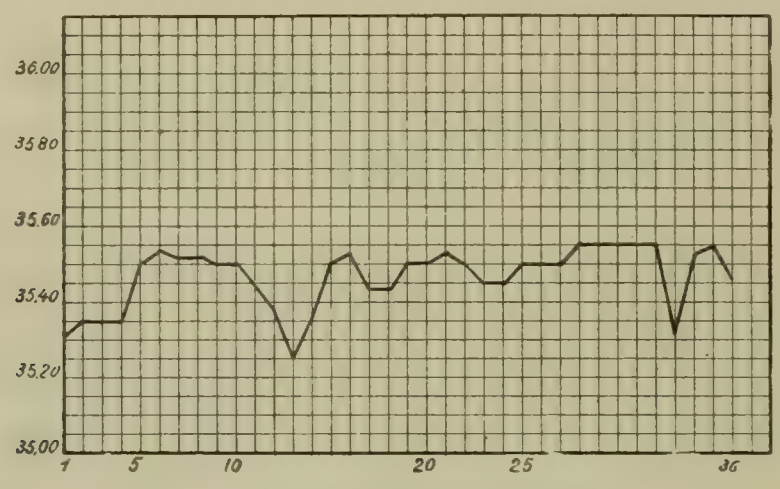
La dirección de la curva demuestra, una vez más, que la salinidad crece suavemen-

te con la profundidad; la variación por cada metro está expresada mediante los números siguientes:

De 0 a 5 m	F. 0,006
De 5 a 10 m	F 0,006
De 10 a 25 m	F 0,003

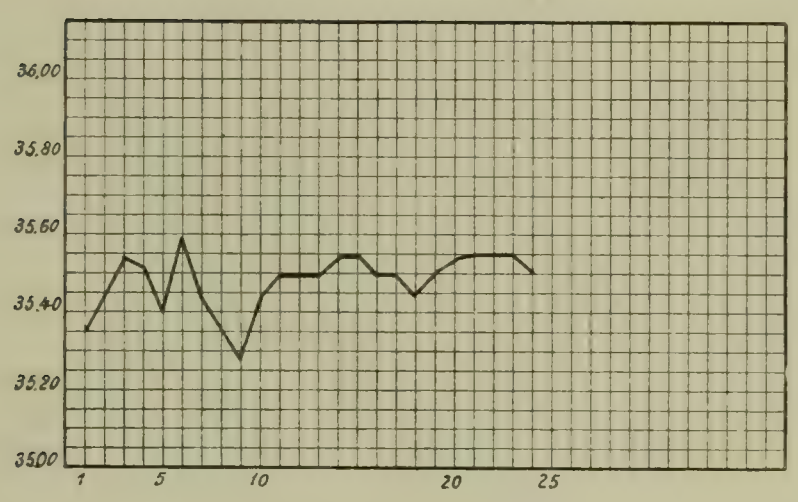
cuyos números muestran entre sí gran analogía y comprueban la regularidad con que crece el contenido salino de las aguas del mar a medida que su profundidad es mayor, al mismo tiempo ponen de relieve que tal variación no es exclusiva del lugar en que dichas series de análisis se realizaron (islas Cíes), sino común a todas las costas de Galicia, puesto que los valores encontrados para F al estudiar la variación media de salinidad durante toda la campaña no difieren mucho de los últimamente mencionados.

En el gráfico núm. 26 se indican las variaciones que se observaron en la temperatura del agua del mar a las profundidades de 0, 5, 10 y 25 metros durante las veinticuatro horas de observación sistemática invertidas desde el 20 al 21 de Agosto. Dichas curvas demuestran que a excepción de algunas horas, las comprendidas entre las 12 de la noche y las 8 de la mañana, en el resto del día la temperatura del aire fué superior a la del agua superficial; sólo en tres observaciones resultó inferior que a la profundidad de 5 metros, pero siempre fué mayor que a la de 10 y 25 metros. Las cuatro curvas de temperatura del agua del mar presentan analogías: en primer lugar demuestran que este factor dismuye a medida que aumenta la profundidad; ahora bien, como las observaciones realizadas por las costas de Galicia casi siempre se refieren a profundidades que no pasan de 25 metros, nada general puede decirse acerca de lo que sucede en regiones más profundas; no obstante, en observaciones aisladas hechas a 40, 50 y 75 metros se ha comprobado que la temperatura sigue descendiendo. La forma de las curvas correspondientes al gráfico núm. 26 demuestran la existencia de máximos y mínimos, todos los cuales se corresponden con cierto retraso; el máximo de temperatura que aparece en la curva superficial a las veintidós horas se corresponde con otro a 5 metros y a la misma hora; a 10 metros este máximo se produjo a las veinticuatro horas y a 25 metros se verificó a las dos horas de la madrugada. A partir de esas horas, la temperatura desciende en cada región y llega al mínimo en momentos diferentes para cada profundidad; en la región superficial el mínimo fué a las seis horas en la de 5 metros a las ocho horas; a 10 metros el mínimo duró desde las cuatro horas hasta las ocho horas, y a 25 metros la temperatura más baja se apreció a las ocho horas. Digno de notar es también que mientras las variaciones de temperatura a 0 y 25 metros fueron muy pequeñas, a 10 y 15 metros alcanzaron valores bastante considerables.



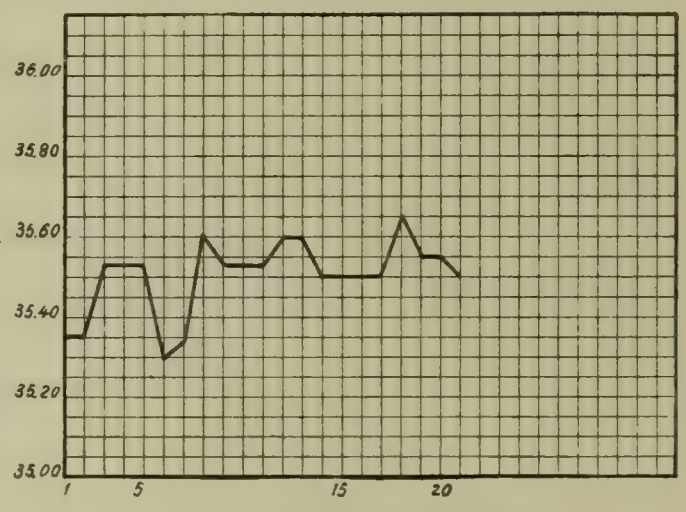
30 Julio a 31 Agosto 1917

Núm. 1.—Variación de la salinidad en la superficie



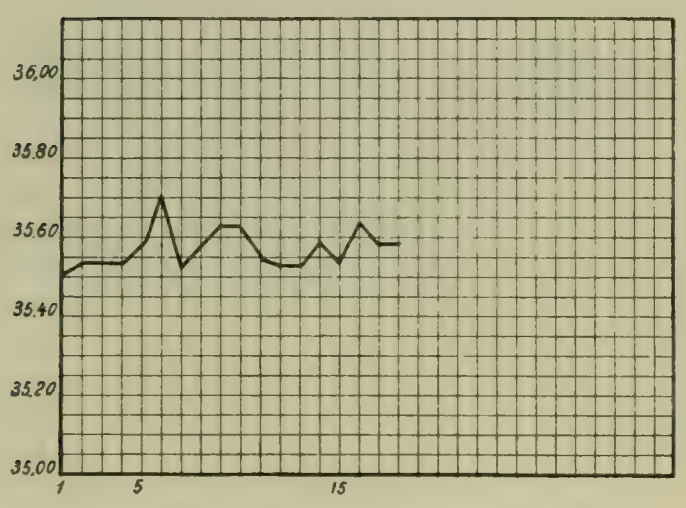
30 Julio a 31 Agosto 1917

Núm. 2.—Variación de la salinidad a 5 m.



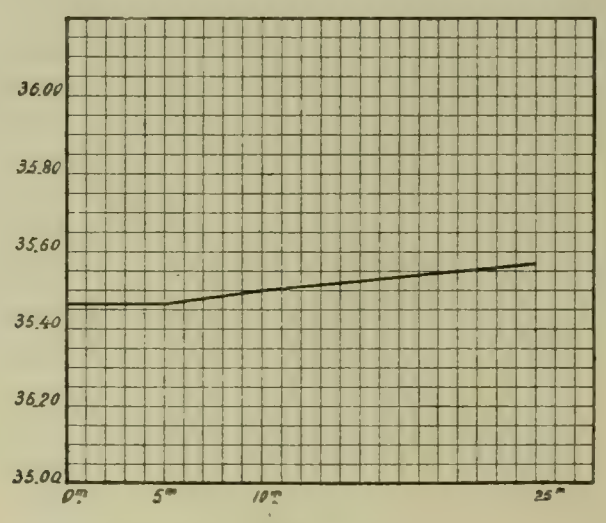
30 Julio a 31 Agosto 1917

Núm. 3.—Variación de la salinidad a 10 m.



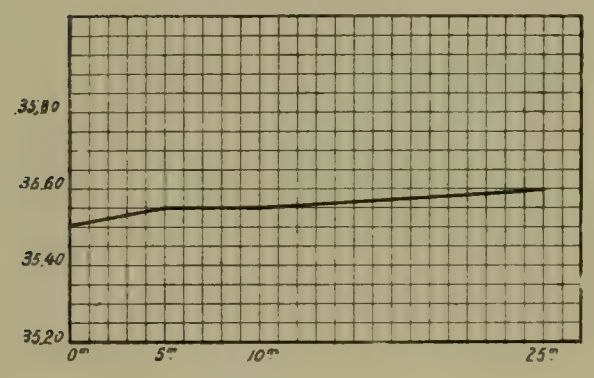
30 Julio a 31 Agosto 1917

Núm. 4.—Variación de la salinidad a 25 m.



30 Julio a 31 Agosto 1917

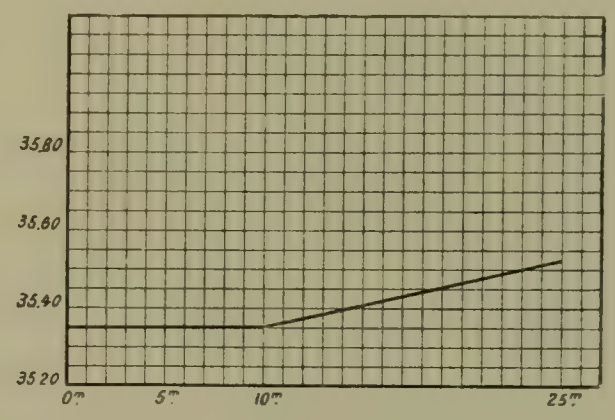
Núm. 5.—Variación media de la salinidad con la profundidad



30 Julio 1917

Núm. 6.—Variación de la salinidad con la profundidad

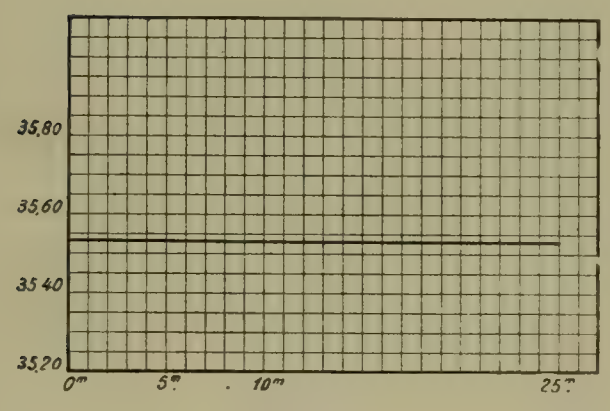
Operaciones números 908 a 911



30 Julio 1917

Núm. 7.—Variación de la salinidad con la profundidad

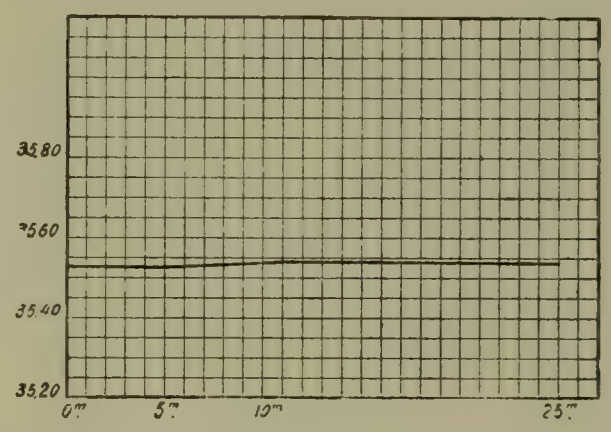
Operaciones números 924 al 927



6 Agosto 1917

Núm. 8.—Variación de la salinidad con la profundidad

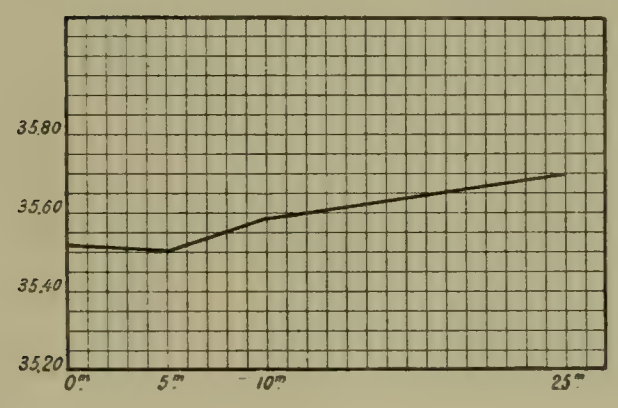
Operaciones números 945 al 948



6 Agosto 1917

Núm. 9.—Variación de la salinidad con la profundidad

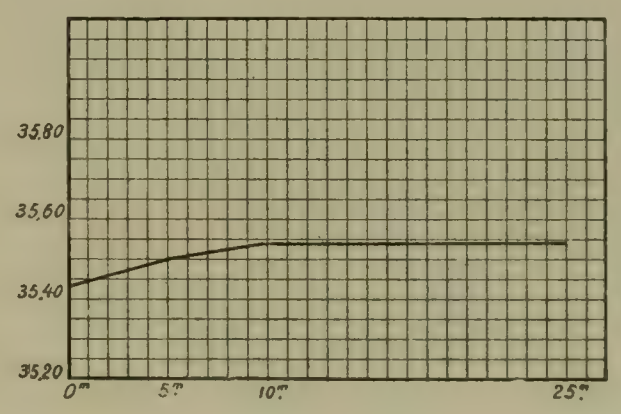
Operaciones números 953, 955, 956, 957



20 Agosto 1917

Núm. 10.—Variación de la salinidad con la profundidad

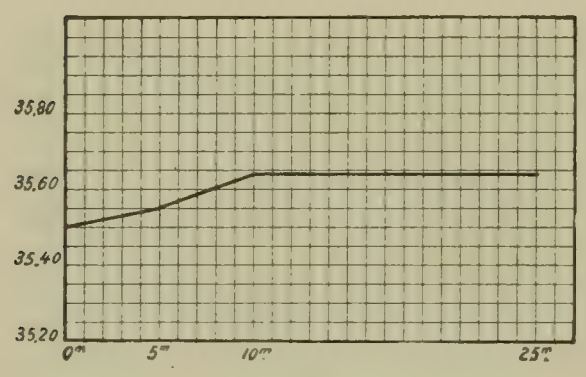
Operaciones números 1005 al 1008



20 Agosto 1917

Núm. 11.—Variación de la salinidad con la profundidad

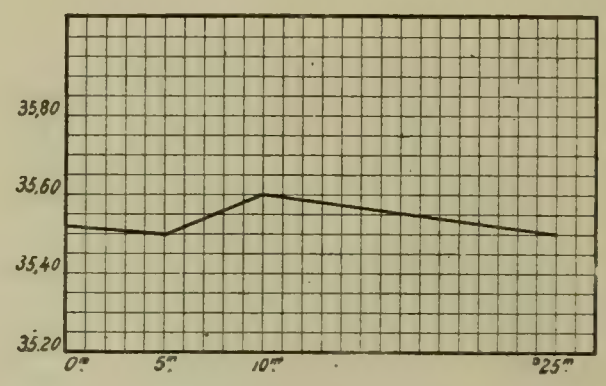
Operaciones números 1009 al 1012



20 Agosto 1917

Núm. 12.—Variación de la salinidad con la profundidad

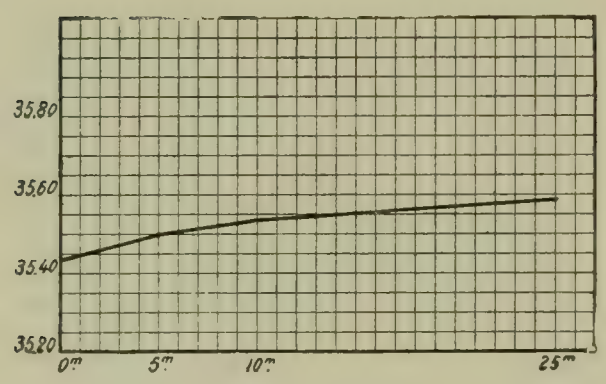
Operaciones números 1025 al 1028



20 Agosto 1917

Núm. 13.—Variación de la salinidad con la profundidad

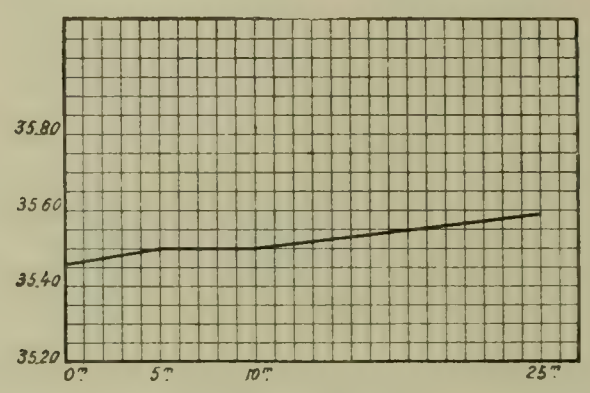
Operaciones números 1033 al 1036



20 Agosto 1917

Núm. 14.– Variación de la salinidad con la profundidad

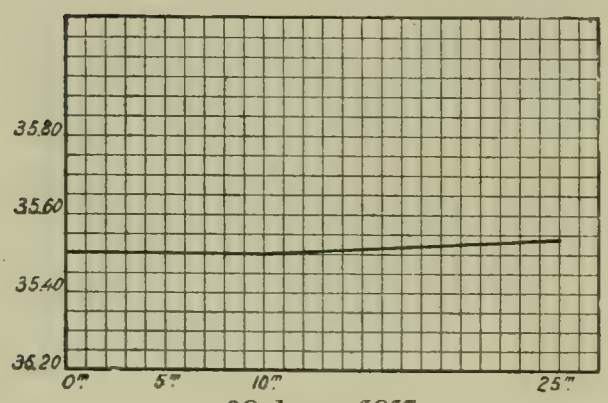
Operaciones números 1014 al 1017



20 Agosto 1917

Núm. 15.—Variación de la salinidad con la profundidad

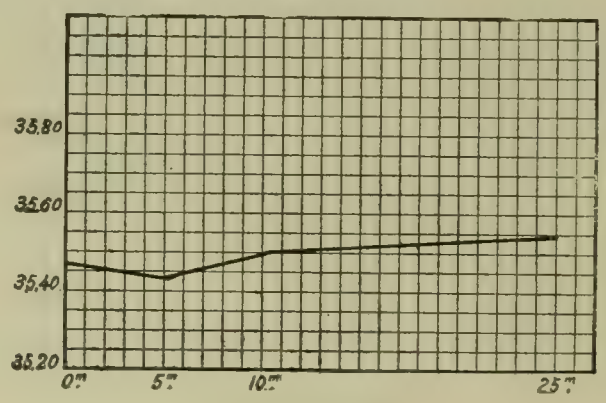
Operaciones números 1020 al 1023



20 Agosto 1917

Núm. 16.—Variación de la salinidad con la profundidad

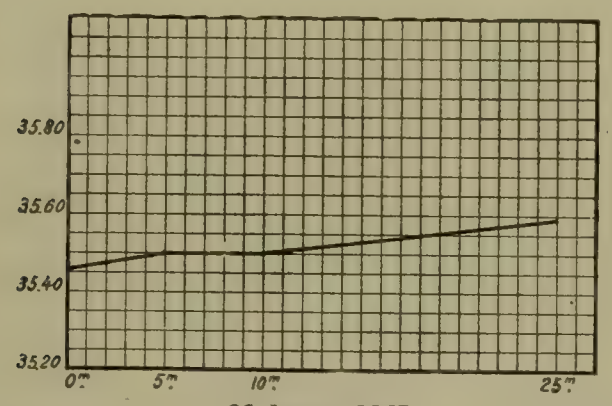
Operaciones números 1037 al 1040



21 Agosto 1917

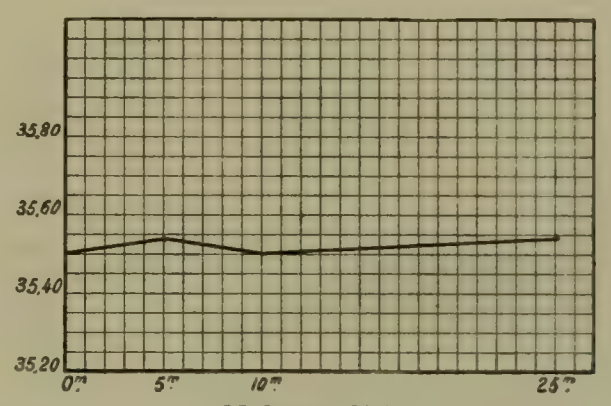
Núm. 17.—Variación de la salinidad con la profundidad

Cperaciones números 1043 al 1046



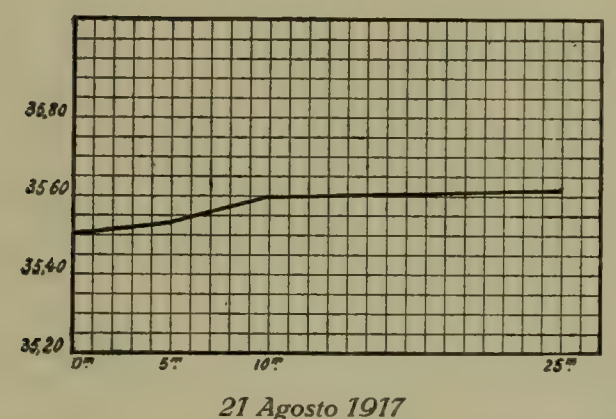
21 Agosto 1917

Núm. 18.—Variación de la salinidad con la profundidad
Opèraciones números 1047 al 1050



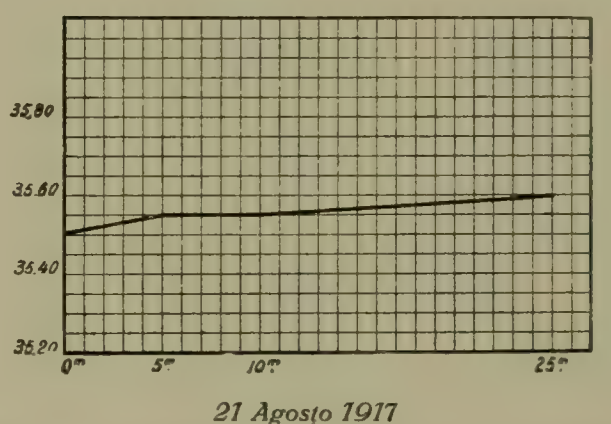
21 Agosto 1917

Núm. 19.—Variación de la salinidad con la profundidad
Operaciones números 1053 al 1056



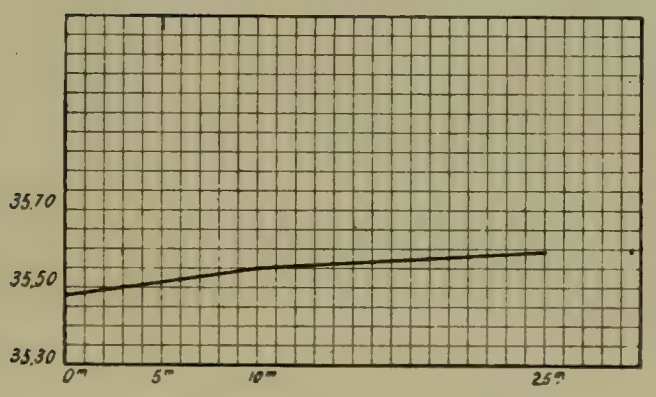
21 Agosto 1917

Núm. 20.—Variación de la salinidad con la profundidad
Operaciones números 1057 al 1060



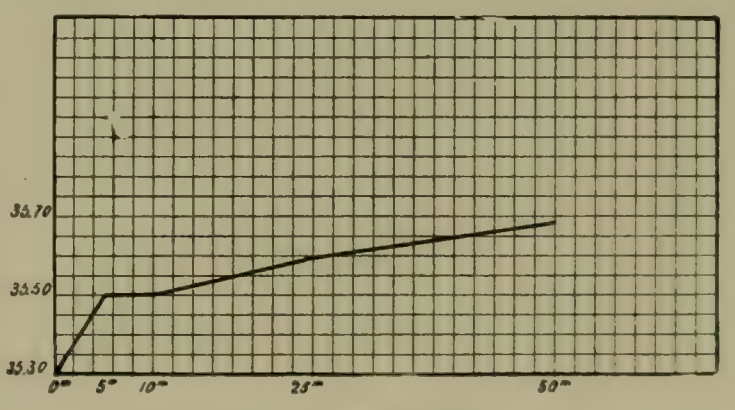
21 Agosto 1917

Núm. 21.—Variación de la salinidad con la profundidad
Operaciones números 1063 al 1066



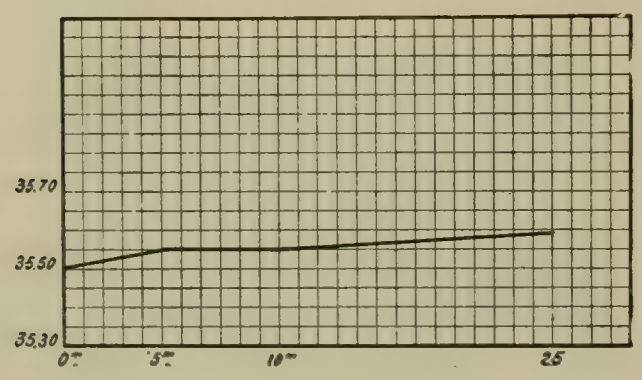
20 a 21 Agosto 1917. (Vigo-Cíes)

Núm. 22.- Variación media de la salinidad a diferentes profundidades



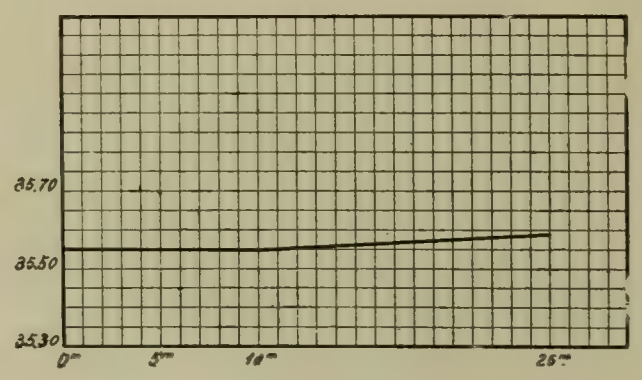
31 Agosto 1917

Núm. 23.—Variación de la salinidad con la profundidad
Operaciones números 1094 al 1098



4 Septiembre 1917

Núm. 24.—Variación de la salinidad con la profundidad
Operaciones números 1127 al 1130



4 Septiembre 1917

Núm. 25. —Variación de la salinidad con la profundidad
Operaciones números 1137 al 1140

Núm. 26.—Variación diurna de la temperatura del 20 al 21 Agosto 1917

Campaña oceanográfica de 1918 realizada con el cañonero «Hernán Cortés» por las costas de Santander, Asturias y Galicia

Número de la operación	Estación	Profundidad en metros	Temperatura	Fecha	Hora	Valor hallado	Corrección	Cloro °/oo	Salinidad por °/oo	30	27,5
1186	Vigo	Superficie	17°2	15-VII	12h.	19,637	+ 0,09	19,727	35,63	28,63	27,22
1187	»	20	15°4	»	12h.	19,625	+ 0,09	19,715	35,61	28,62	27,20
1188	»	10	16°5	»	12h. 15m.	19,600	+ 0,09	19,690	35,57	28,59	27,17
1189	»	5	16°8	»	12h. 30m.	19,650	+ 0,09	19,740	35,66	28,66	27,24
1190	»	Superficie	18°	»	14h.	19,100	+ 0,08	19,180	34,65	27,84	26,47
1191	»	20	15°8	»	14h. 20m.	19,650	+ 0,09	19,740	35,66	28,66	27,24
1192	»	10	16°3	»	14h. 30m.	19,650	+ 0,09	19,740	35,66	28,66	27,24
1193	»	5	16°5	»	14h. 45m.	19,625	+ 0,09	19,715	35,61	28,62	27,20
1195	»	Superficie	16°1	»	16h.	19,725	+ 0,09	19,815	35,80	28,77	27,34
1196	»	25	14°8	»	16h.	19,600	+ 0,09	19,690	35,57	28,59	27,17
1197	»	10	15°5	»	16h. 15m.	19,675	+ 0,09	19,765	35,70	28,69	27,27
1198	»	5	15°8	»	16h. 30m.	19,650	+ 0,09	19,740	35,66	28,66	27,24
1201 (18)	Marín	Superficie	19°5	18-VII	7h. 35m.	19,625	+ 0,11	19,735	35,65	28,65	27,23
1203 (20)	»	»	17°5	»	9h. 5m.	19,633	+ 0,11	19,747	35,67	28,66	27,24
1205 (22)	»	»	17°8	»	10h. 15m	19,662	+ 0,11	19,772	35,71	28,70	27,28
1206 (23)	»	»	18°	»	12h. 5m.	19,725	+ 0,11	19,835	35,83	28,79	27,37
1207 (24)	»	»	17°8	»	13h. 40m.	19,700	+ 0,11	19,810	35,79	28,76	27,34
1208 (25)	»	»	16°2	»	16h.	19,700	+ 0,11	19,810	35,79	28,76	27,34
1209 (26)	»	»	16°7	»	18h.	19,625	+ 0,11	19,735	35,65	28,65	27,23
1211 (28)	Ferrol	10	18°	21-VII	17h. 15m.	19,525	+ 0,11	19,635	35,47	28,50	27,09
1212 (29)	»	5	19°15	»	17h. 25m.	19,475	+ 0,12	19,595	35,40	28,45	27,04
1213 (30)	»	Superficie	19°8	»	17h. 30m.	19,487	+ 0,11	19,597	35,40	28,45	27,04
1214 (31)	»	10	18°	23-VII	17h.	19,500	+ 0,11	19,610	35,43	28,47	27,06
1215 (32)	»	5	18°4	»	17h. 10m.	19,500	+ 0,11	19,610	35,43	28,47	27,06
1216 (33)	»	Superficie	18°7	»	17h. 10m.	19,512	+ 0,11	19,622	35,44	28,48	27,07
1218 (35)	»	»	17°4	24-VII	9h. 10m.	19,575	+ 0,11	19,685	35,56	28,58	27,16
1220 (37)	»	»	17°2	»	11h.	19,600	+ 0,11	19,710	35,61	28,62	27,20
1222 (40)	»	20	16°8	»	11h. 10m.	19,550	+ 0,11	19,660	35,52	28,54	27,13
1223 (41)	»	15	17°	»	14h. 17m.	19,587	+ 0,11	19,697	35,58	28,59	27,18
1224 (42)	»	10	17°4	»	14h. 25m	19,600	+ 0,11	19,710	35,61	28,62	27,20
1225 (43)	»	5	17°75	»	14h. 35m.	19,575	+ 0,11	19,685	35,56	28,58	27,16
1226 (44)	»	Superficie	17°9	»	14h. 40m.	19,575	+ 0,11	19,685	35,56	28,58	27,16
1227 (45)	»	»	18°	»	15h. 55m.	19,587	+ 0,11	19,697	35,58	28,59	27,18
1229 (47)	»	»	19°	»	18h.	19,550	+ 0,11	19,660	35,52	28,54	27,13
1230 (48)	Rivadeo'	»	18°8	25-VII	9h. 10m.	19,562	+ 0,11	19,672	35,53	28,56	27,14
1231 (49)	»	»	19°	»	11h.	19,550	+ 0,11	19,660	35,52	28,54	27,13
1233 (51)	»	50	15°9	»	12h. 15m.	19,550	+ 0,09	19,640	35,48	28,51	27,10
1234 (52)	»	25	17°6	»	12h. 55m.	19,525	+ 0,09	19,615	35,43	28,47	27,06
1235 (53)	»	10	18°4	»	13h. 5m.	19 550	+ 0,09	19,640	35,48	28,51	27,10
1236 (54)	»	5	18°5	»	13h. 13m.	19,562	+ 0,09	19,652	35,50	28,53	27,12
1237 (55)	»	Superficie	19°	»	13h. 15m	19,550	+ 0,09	19,640	35,48	28,51	27,10
1240 (58)	»	»	19°3	»	16h.	19,512	+ 0,09	19,602	35,41	28,46	27,05
1242 (60)	Santander	»	19°7	29-VII	10h.	19,462	+ 0,10	19,532	35,34	28,40	26,99
1245 (65)	»	»	19°8	»	12h.	19,475	+ 0,10	19,575	35,36	28,42	27,01
1246 (64)	»	»	20°	1-VIII	17h. 35m.	19,450	+ 0,10	19,550	35,32	28,38	26,98
1248 (66)	»	»	20°5	»	9h. 10m.	19,550	+ 0,09	19 640	35,48	28,51	27,10
1249 (67)	»	75	17°4	»	9h. 25m	19,525	+ 0,09	19,615	35,43	28,47	27,06
1250 (68)	»	50	12°3	»	9h. 35m.	19,500	+ 0,10	19,600	35,41	28,46	27,05
1251	»	25	17°3	»	9h. 45m	19,475	+ 0,10	19,575	35,36	28,42	27,01
1252	»	10	20°4	»	9h. 55m.	19,475	+ 0,10	19,575	35,36	28,42	27,01
1253	»	5	20°4	»	10h. 5m.	19,475	+ 0,10	19,575	35,36	28,42	27,01
1254	»	Superficie	20°5	»	10h. 10m.	19,475	+ 0,10	19,575	35,36	28,42	27,01
1256	»	»	20°8	»		19,550	+ 0,09	19,640	35,48	28,51	27,10
1258	»	»	19°9	»		19,462	+ 0,10	19,562	35,34	28,40	26,99
1260	»	10	20°4	6-VIII	11h.	19,362	+ 0,10	19,462	35,16	28,25	26,85
1261 (78)	»	Superficie	20°4	»	11h. 18m.	19,325	+ 0,10	19,425	35,09	28,20	26,80
1262 (79)	Pt.° Santander	5	20°5	»	11h. 20m.	19,350	+ 0,10	19,450	35,14	28,24	26,84
1263 (80)	Fond- Santander	3	20°5	»	11h. 30m.	19,350	+ 0,10	19,450	35,14	28,24	26,84
1264	»	Superficie	20°5	»	11h. 35m.	19,450	+ 0,10	19,550	35,32	28,38	26,98
1266 (84)	Santander a Avilés	»	20°5	10-VIII	9h.	19,675	— 0,03	19,645	35,49	28,52	27,11

Número de la operación	Estación	Profundidad en metros	Temperatura	Fecha	Hora	Valor hallado	Corrección	Cloro por °/oo	Salinidad por °/oo	σ0	ρ 17,5
1267 (85)	Santander a Aviles	Superficie	20°8	10-VIII	11h.	19,725	— 0,03	19,695	35,58	28,59	27,18
1268 (86)	»	»	20°	»	13h. 10m.	19,675	— 0,03	19,645	35,49	28,52	27,11
1269 (87)	»	»	19°8	»	15h.	19,700	— 0,03	19,670	35,53	28,56	27,14
1270 (88)	»	»	19°4	»	17h.	19,675	— 0,03	19,645	35,49	28,52	27,11
1272 (90)	»	»	17°	»	19h.	18,750	+ 0,02	18,770	33,91	27,25	25,90
1273 (91)	Avilés a Coruña	»	17°	15-VIII	8h.	19,675	— 0,03	19,645	35,49	28,52	27,11
1274 (92)	»	»	18°	»	10h.	19,725	— 0,03	19,695	35,58	28,59	27,18
1275 (93)	»	»	20°	»	12h.	19,725	— 0,03	19,695	35,58	28,59	27,18
1276 (94)	»	»	17°7	»	14h.	19,725	— 0,03	19,695	35,58	28,59	27,18
1277 (95)	»	»	14°	»	16h.	19,750	— 0,03	19,720	35,62	28,63	27,21
1278 (96)	»	»	16°	»	18h.	19,737	— 0,03	19,707	35,60	28,61	27,19
1279	Coruña	»	14°6	19-VIII	8h. 7m.	19,775	— 0,03	19,745	35,67	28,66	27,24
1280	Coruña a Vigo	»	13°5	»	10h.	19,762	— 0,03	19,732	35,64	28,64	27,23
1281	»	»	13°1	»	12h.	19,775	— 0,04	19,735	35,65	28,65	27,23
1283	»	»	18°3	»	16h.	19,750	— 0,03	19,720	35,62	28,63	27,21
1282	»	»	16°8	»	14h.	19,800	— 0,04	19,760	35,70	28,69	27,27
1284	»	»	19°	»	18h.	19,787	— 0,04	19,747	35,67	28,66	27,24
1286	Vigo	»	19°8	23-VIII	9h. 20m	19,800	— 0,04	19,760	35,70	28,39	27,27
1287	»	5	17°3	»	9h. 40m.	19,775	— 0,04	19,735	35,65	28,65	27,23
1288	»	10	14°8	»	9h. 50m.	19,825	— 0,04	19,785	35,74	28,72	27,30
1289	»	25	13°3	»	10h.	19,800	— 0,04	19,760	35,70	28,69	27,27
1290	»	40	13°1	»	10h. 8m.	19,800	— 0,04	19,760	35,70	28,69	27,27
1291	»	10	16°1	»	12h. 14m.	19,775	— 0,04	19,735	35,65	28,65	27,23
1295	»	Superficie	19°	»	12h.	19,775	— 0,04	19,735	35,65	28,65	27,23
1296	»	5	18°5	»	12h. 5m.	19,787	— 0,04	19,747	35,67	28,66	27,24
1299	»	Superficie	18°8	»	14h.	19,762	— 0,03	19,732	35,64	28,64	27,23
1300	»	5	18°5	»	14h. 10m.	19,750	— 0,03	19,720	35,62	28,63	27,21
1301	»	10	17°3	»	14h. 15m	19,762	— 0,03	19,732	35,64	28,64	27,23
1306	»	Superficie	17°	»	16h.	19,750	— 0,03	19,720	35,62	28,63	27,21
1307	»	75	12°7	»	16h. 10m.	19,787	— 0,04	19,747	35,67	28,66	27,24
1308	»	50	12°8	»	16h. 20m.	19,787	— 0,04	19,747	35,67	28,66	27,24
1309	»	25	13°2	»	16h. 30m.	19,775	— 0,04	19,735	35,65	28,65	27,23
1310	»	10	14°6	»	16h. 38m.	19,787	— 0,04	19,747	35,67	28,66	27,24
1311	»	5	17°	»	16h. 45m.	19,775	— 0,04	19,735	35,65	28,65	27,23
1316	»	Superficie	16°5	»	18h. 10m	19,725	— 0,03	19,695	35,58	28,59	27,18
1317	»	25	15°2	»	18h. 15m.	19,737	— 0,03	19,707	35,60	28,61	27,19
1318	»	10	15°3	»	18h. 20m.	19,725	— 0,03	19,695	35,58	28,59	27,18
1319	»	5	16°	»	18h. 28m.	19,712	— 0,03	19,682	35,55	28,57	27,16
1323	»	Superficie	17°8	24-VIII	16h.	19,725	— 0,03	19,695	35,58	28,59	27,18
1326	»	10	14°5	»	18h. 15m.	19,750	— 0,03	19,720	35,62	28,63	27,21
1327	»	Superficie	17°	»	18h. 15m.	19,750	— 0.03	19,720	35,62	28,63	27,21
1328	»	5	15°5	»	18h. 25m.	19,750	— 0,03	19,720	35,62	28,63	27,21
1332	S. Simón	5 1/2	15°4	26-VIII	15h. 55m.	19,750	— 0,03	19,720	35,62	28,63	27,21
1333	»	Superficie	17°8	»	15h. 45m.	19,775	— 0,03	19,745	35,67	28,66	27,24
1334	»	2 1/2	15°6	»	16h. 10m.	19,725	— 0,03	19,695	35,58	28,59	27,18
1341	»	Superficie	17°9	»	16h.	19,750	— 0,03	19,720	35,62	28,63	27,21
1342	»	7	14°5	»	18h.	19,775	— 0,04	19,735	35,65	28,65	27,23
1343	»	5	14°6	»	18h. 20m.	19,725	— 0,03	19,695	35,58	28,59	27,18
1344	Vigo (S. S.)	2 1/2	16°6	»	18h. 40m.	19,700	— 0,03	19,670	35,53	28,56	27,14
1347	Vigo	Superficie	17°	»		19,750	— 0,03	19,720	35,62	28,63	27,21
1348	»	10	13°4	»		19,750	— 0,03	19,720	35,62	28,63	27,21
1349	»	5	14°7	»		19,750	— 0,03	19,720	35,62	28,63	27,21
1359	Vigo (Cies)	Superficie	15°7	29-VIII	11h. 10m.	19,700	— 0,03	19,670	35,53	28,56	27,14
1360 (178)	»	5	15°	»	11h. 8m.	19,750	— 0,03	19,720	35,62	28,63	27,21
1361 (179)	»	10	13°5	»	11h. 17m.	19,775	— 0,03	19,745	35,67	28,66	27,24
1362 (180)	»	25	12°85	»	11h. 26m.	19,762	— 0,03	19,732	35,64	28,64	27,23
1365 (183)	»	Superficie	17°	»	13h. 3m.	19,775	— 0,03	19,745	35,67	28,66	27,24
1366 (184)	»	5	15°1	»	13h. 5m.	19,700	— 0,03	19,670	35,53	28,56	27,14
1367 (185)	»	10	14°1	»	13h. 15m.	19,762	— 0,03	19,732	35,64	28,64	27,23
1368 (186)	»	25	12°9	»	13h. 25m.	19,775	— 0,03	19,745	35,67	28,66	27,24
1369 (187)	»	Superficie	16°5	»	15h. 3m.	19,737	— 0,02	19,717	35,61	28,62	27,20
1370 (188)	»	5	14°9	»	15h. 3m.	19,750	— 0,02	19,730	35,64	28,64	27,23
1371 (189)	»	10	14°3	»	15h. 15m.	19,750	— 0,02	19,730	35,64	28,64	27,23
1372 (190)	»	25	12°9	»	15h. 25m.	19,775	— 0,03	19,745	35,67	28,66	27,24

Número de la operación	Estación	Profundidad en metros	Temperatura	Fecha	Hora	Valor hallado	Corrección	Cloro °/oo	Salinidad por °/oo	σ_0	$\rho_{17,5}$
1375 (191)	Vigo (Cies)	Superficie	16°5	29-VIII	17h. 6m.	19,775	— 0,03	19,745	35,67	28,66	27,24
1376 (192)	»	5	14°8	»	17h. 5m.	19,775	— 0,03	19,745	35,67	28,66	27,24
1377 (193)	»	10	13°5	»	17h. 12m.	19,750	— 0,02	19,730	35,64	28,64	27,23
1378 (194)	»	25	12°8	»	17h. 20m.	19,750	— 0,02	19,730	35,64	28,64	27,23
1379 (195)	»	Superficie	16°2	»	19h.	19,775	— 0,03	19,745	35,67	28,66	27,24
1380 (196)	»	5	15°6	»	19h. 5m	19,725	— 0,02	19,705	35,60	28,61	27,19
1381 (197)	»	10	13°3	»	19h. 13m.	19,725	— 0,02	19,705	35,60	28,61	27,19
1382 (198)	»	25	12°8	»	19h. 30m.	19,750	— 0,02	19,730	35,64	28,64	27,23
1387 (205)	»	Superficie	17°	»	21h.	19,750	— 0,02	19,730	35,64	28,64	27,23
1388 (206)	»	5	16°9	»		19,750	— 0,02	19,730	35,64	28,64	27,23
1389 (207)	»	10	13°6	»		19,750	— 0,02	19,730	35,64	28,64	27,23
1390 (208)	»	25	12°8	»		19,750	— 0,02	19,730	35,64	28,64	27,23
1391 (209)	»	Superficie	16°6	»		19,750	— 0,02	19,730	35,64	28,64	27,23
1392 (210)	»	5	16°6	»		19,762	— 0,03	19,732	35,64	28,64	27,23
1393 (211)	»	10	16°	»		19,775	— 0,03	19,745	35,67	28,66	27,24
1394 (212)	»	25	12°8	»		19,750	— 0,02	19,730	35,64	28,64	27,23
1397 (215)	»	Superficie	16°4	30-VIII		19,750	— 0,02	19,730	35,64	28,64	27,23
1398 (216)	»	5	16°5	»		19,725	— 0,02	19,705	35,60	28,61	27,19
1399 (217)	»	10	16°	»		19,700	— 0,02	19,680	35,55	28,57	27,16
1400 (218)	»	25	12°7	»		19,750	— 0,02	19,730	35,64	28,64	27,23
1401 (219)	»	Superficie	16°	»		19,750	— 0,02	19,730	35,64	28,64	27,23
1402 (220)	»	5	16°1	»		19,750	— 0,02	19,730	35,64	28,64	27,23
1403 (221)	»	10	13°2	»		19,750	— 0,02	19,730	35,64	28,64	27,23
1404 (222)	»	25	12°6	»		19,750	— 0,02	19,730	35,64	28,64	27,23
1407 (225)	»	Superficie	15°2	»		19,737	— 0,02	19,717	35,61	28,62	27,20
1408 (226)	»	5	16°2	»		19,750	— 0,02	19,730	35,64	28,64	27,23
1409 (227)	»	10	13°2	»		19,750	— 0,02	19,730	35,64	28,64	27,23
1410 (228)	»	25	12°7	»		19,775	— 0,03	19,745	35,67	28,66	27,24
1411 (229)	»	Superficie	16°1	»		19,725	— 0,02	19,705	35,60	28,61	27,19
1412 (230)	»	5	16°5	»		19,750	— 0,02	19,730	35,64	28,64	27,23
1413 (231)	»	10	13°3	»		19,762	— 0,03	19,732	35,64	28,64	27,23
1414 (232)	»	25	12°5	»		19,762	— 0,03	19,732	35,64	28,64	27,23
1417 (234)	»	Superficie	16°1	»		19,750	— 0,02	19,730	35,64	28,64	27,23
1418 (236)	»	5	16°1	»		19,750	— 0,02	19,730	35,64	28,64	27,23
1419 (237)	»	10	13°4	»		19,725	— 0,02	19,705	35,60	28,61	27,19
1420 (238)	»	25	12°6	»		19,762	— 0,03	19,732	35,64	28,64	27,23
1424 (242)	Ría de Vigo hasta I. Cies	Superficie	17°	5-IX	10h.	19,675	— 0,02	19,655	35,51	28,53	27,12
1427 (245)	»	»	17°5	»	12h.	19,650	— 0,02	19,630	35,46	28,50	27,09
1428 (246)	»	»	17°3	»	14h.	19,700	— 0,02	19,680	35,55	28,57	27,16
1430 (248)	»	9	16°8	»	16h. 25m	19,725	— 0,02	19,705	35,60	28,61	27,19
1431 (249)	»	5	16°9	»	16h. 35m.	19,700	— 0,02	19,680	35,55	28,57	27,16
1435	»	Superficie	18°5	»	17h.	19,650	— 0,02	19,630	35,46	28,50	27,09

Mientras que en los dos años anteriores las investigaciones oceanográficas se limitaron a zonas marítimas relativamente pequeñas, zonas que sólo comprendían desde Vigo hasta Villagarcía de Arosa, y, por excepción, alguna vez hasta Cabo Finisterre, en la campaña de 1918 el campo de investigación se extendió considerablemente, puesto que alcanzó desde Vigo hasta Santander; bien es verdad que la mayor parte de las investigaciones se hicieron en las costas de la provincia de Pontevedra y aguas de Santander; pero otro número crecido de muestras fueron recogidos con el Cañonero «Hernán Cortés», a lo largo de las costas gallegas, asturianas y santanderinas.

El viaje de Santander a Vigo se realizó en tres etapas, de los cuales la 1.ª fué de Santander a Avilés, la 2.ª de Avilés a Coruña y la 3.ª de Coruña a Vigo; en todo el trayecto se hicieron capturas de agua superficial cada dos horas, sin que fuera suficiente para interrumpir el trabajo las duras pruebas porque hubimos de pasar, a causa del temporal reinante entre Avilés y Coruña.

Los gráficos números 1, 2 y 3 muestran los valores de salinidad superficial obtenidos con expresión de la hora en que se tomaron las muestras.

Durante el trayecto de Santander a Avilés la salinidad creció desde 35,48 °/₀₀, que tenía en Santander, hasta 35,57 °/₀₀ que alcanzó por la altura de San Vicente de la Barquera, disminuyendo nuevamente a 35,48 °/₀₀ en la proximidad de Rivadesella y en Avilés; por consiguiente, la variación de profundidad en este trayecto no pasa de 0,09 °/₀₀. Entre Avilés y Coruña (gráfico 2) la salinidad varía entre límites más extensos: asciende a 35,48 °/₀₀ en Avilés, y crece paulatinamente hasta la altura de Luarca, en que su valor fué 35,57 °/₀₀; desde este punto permaneció constante hasta Estaca de Vares, y a partir de allí, fué creciendo poco a poco hasta alcanzar el valor máximo de 35,62 °/₀₀ entre Cabo Ortegal y Coruña; en las proximidades de la Ría de Coruña la salinidad desciende algo, y dentro de aquélla alcanzó el valor de 35,59 °/₀₀. Desde Coruña a Vigo (gráfico 3) la concentración salina también crece, al principio muy lentamente, hasta llegar a Cabo Toriñana (35,64 °/₀₀), y después, una vez doblado el Cabo Finisterre, con mayor rapidez, hasta alcanzar el valor 35,70 °/₀₀; desde dicho punto desciende poco a poco, y en Vigo es 35,60 °/₀₀.

Por consiguiente, en el Cantábrico la salinidad resultó menor que en el Atlántico; entre Santander y Avilés oscila alrededor de 35,50 °/₀₀, crece hasta alcanzar 35,57 °/₀₀ en Estaca de Vares, y en el Atlántico llega a 35,70 °/₀₀ a la altura de Finisterre.

Consideraciones muy armónicas con éstas son las que se deducen estudiando la variación de salinidad superficial que se observó durante el viaje inverso, es decir, de Vigo a Santander; estas variaciones no se han expuesto en gráficas porque con los valores hallados no hay medio de formar series uniformes que sean comparables; sin embargo, basta revisar los valores anotados en las primeras páginas de los cuadros anteriores para ver que en Vigo el día 15 de Julio la salinidad osciló entre 35,60 °/₀₀ y 35,70 °/₀₀ y que a medida que se aleja de sus costas y se doblan las de Coruña estos valores descienden poco a poco hasta llegar o 35,48 °/₀₀, valor obtenido a la vista de Santander. Nótese que en el Ferrol las determinaciones de salinidad acusan valores

comprendidos entre 35,34 °/₀₀ y 35,44 °/₀₀, y que la mayor parte de los análisis efectuados con muestras de Santander, dan también resultados bajos (35,35 °/₀₀ en alta mar, y en el puerto 35,14 °/₀₀); pero estos son valores anormales que se deben a la dilución provocada por la lluvia aquellos días.

Además de estas observaciones que parecen ser de un valor positivo, si atribuímos eficacia al método de Mohr, estudiaremos gráficamente algunos otros resultados, a fin de deducir relaciones entre la profundidad y la salinidad durante la última campaña.

Los gráficos números 4, 5 y 6 expresan la salinidad encontrada en una misma fecha, el 23 de Agosto. Cada uno de ellos se refiere a operaciones que se efectuaron en un mismo lugar y a profundidades diferentes. Los tres gráficos manifiestan que la salinidad permanece casi constante a profundidades superiores a 10 metros; análogamente a lo que ocurrió en numerosos casos durante el verano de 1917, la salinidad pasa por un mínimo a cinco metros. (Véase el gráfico 4 y el 6).

En la serie de investigaciones realizadas de un modo sistemático durante veinticuatro horas en los días 29 y 30 de Agosto, se llega también a conclusiones análogas a las de la campaña anterior. La expresión de los datos numéricos correspondientes a estas investigaciones, están contenidas en los gráficos números 7 hasta el 20 inclusive. Las determinaciones de salinidad se verificaban cada dos horas en la proximidad de las islas Cies y a las profundidades a que se han realizado casi todas las investigaciones de esta campaña, esto es, a 0, 5, 10 y 25 metros.

Las curvas pueden ser de dos clases, con mínimos o sin mínimos. En las primeras (gráficos números 8, 11, 14 y 18) los mínimos suelen corresponder, como otras muchas veces hemos citado, a las profundidades de 5 y de 10 metros; desde estas regiones el contenido salino varía muy poco, aunque con tendencia a crecer, y en la mayor parte de las observaciones oscila alrededor de 35,65 °/₀₀. En los gráficos 7 y 17 se observa que la salinidad crece primero con rapidez, y después, desde 5 o 10 metros, queda invariable con la profundidad, alcanzando también el valor 35,65 °/₀₀.

En todas las restantes series de investigaciones que se efectuaron en aquella fecha se puede observar que los resultados numéricos de salinidad son sensiblemente constantes, esto es, independientes de la profundidad y alcanzan valores que difieren muy poco de 35,65 °/₀₀.

En el gráfico número 19 se indica la curva construída, tomando como abscisas las profundidades a que se hicieron las investigaciones, y como ordenadas los correspondientes valores medios de salinidad que se obtuvieron durante las veinticuatro horas de trabajo en los días 29 y 30 de Agosto; dichos valores medios son:

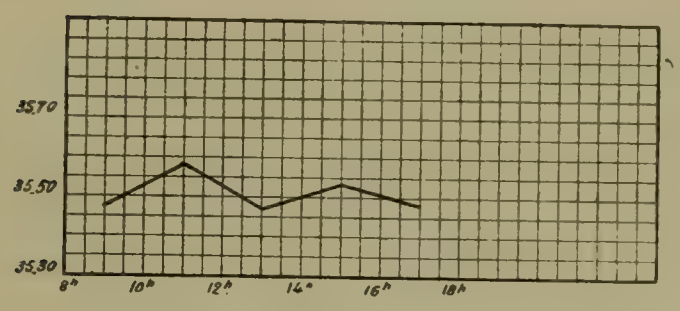
a 0 m.	35,626	°/₀₀
5 m.	35,624	°/₀₀
10 m.	35,626	°/₀₀
25 m.	35,645	°/₀₀

Estos números nos dicen que la curva representativa de sus variaciones es casi una recta, y, por consiguiente, que la salinidad crece muy poco con la profundidad.

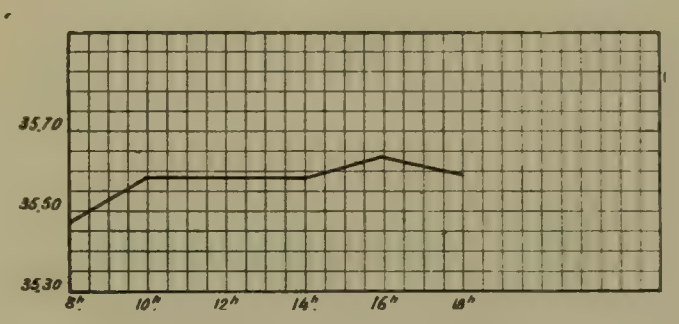
Para observar el crecimiento que corresponde a la salinidad por cada metro que se profundice, aplicaremos la fórmula $\frac{Sp.-Sp'.}{p-p'} = F$, y tendremos:

entre 0 y 5 m..... F = 0,0004
» 5 y 10 m..... F = 0,0004
» 10 y 25 m..... F = 0,0012

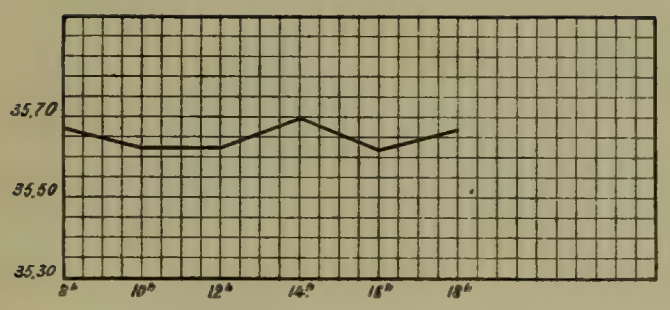
Las curvas de temperatura que aparecen en la figura núm. 20 muestran grandes analogías con las que expresan las variaciones de este factor observadas a las mismas profundidades durante las veinticuatro horas de experimentación de la campaña anterior, esto es, con las del día 21 de Agosto de 1917. (Véase gráfico 26 de dicha campaña). Lo mismo que entonces la temperatura disminuye a medida que la profundidad crece, y así como las variaciones observadas en la temperatura del agua superficial y a 5 y 10 metros son de bastante importancia, en cambio, a 25 metros la temperatura permanece casi constante. En las curvas deducidas uno y otro año se reconoce que desde la media noche la temperatura del agua de cinco metros es superior a la temperatura del agua de superficie; además las curvas correspondientes a una misma profundidad, presentan en uno y otro gráfico análogas inflexiones; sobre todo la analogía entre las curvas de temperatura a la profundidad de 10 metros es verdaderamente notable.



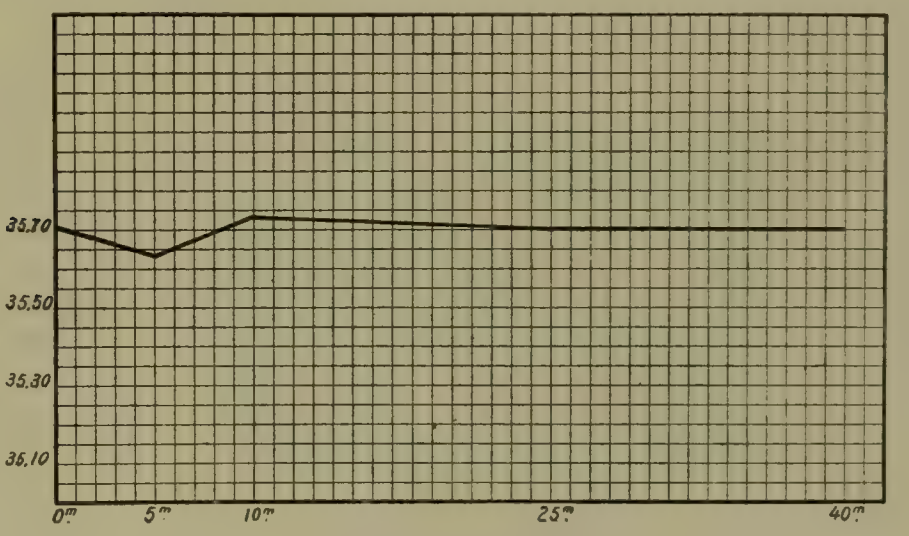
10 Agosto 1918. (Santander a Avilés)
Núm. 1.—Variación de la salinidad superficial
Operaciones números 1266 al 1272



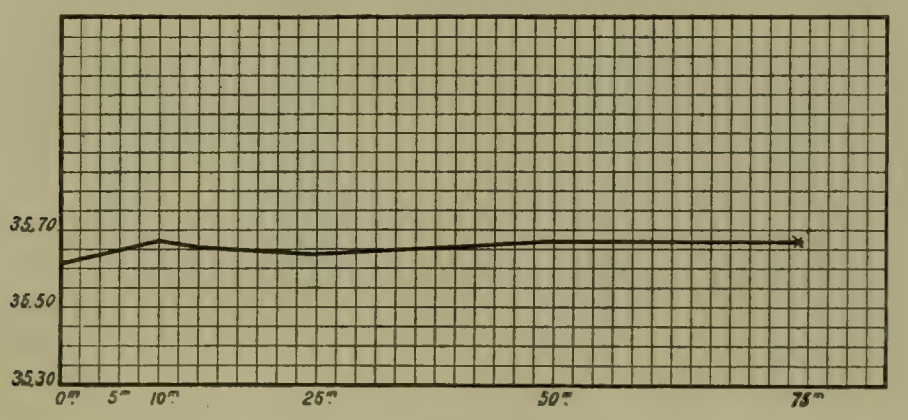
15 Agosto 1918. (Avilés a Coruña)
Núm. 2.—Variación de la salinidad superficial
Operaciones números 1273 al 1278



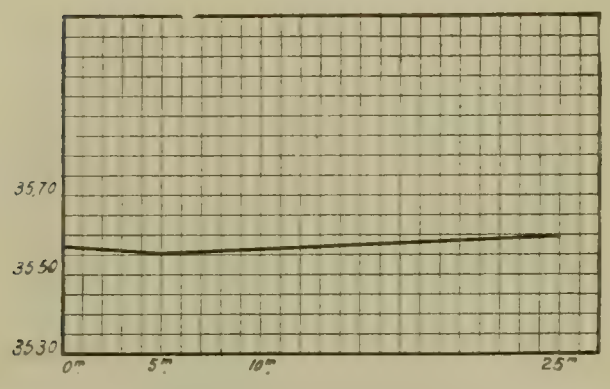
19 Agosto 1918. (Coruña a Vigo)
Núm. 3.—Variación de la salinidad superficial
Operaciones números 1279 al 1284



23 Agosto 1918. (Vigo)
Núm. 4.—Variación de la salinidad con la profundidad
Operaciones números 1286 al 1290



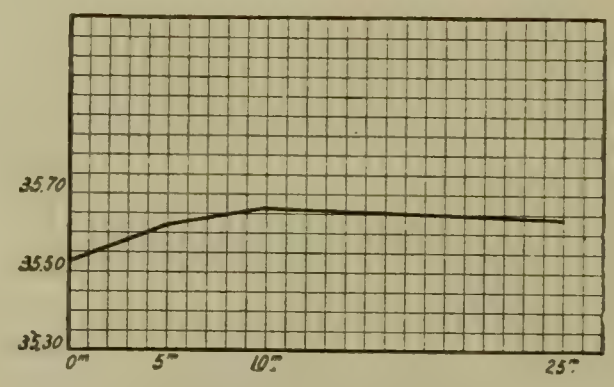
23 Agosto 918. (Vigo)
Núm. 5.—Variación de la salinidad con la profundidad
Operaciones números 1306 al 1311



23 Agosto 1918. (Vigo)

Núm. 6.—Variación de la salinidad con la profundidad

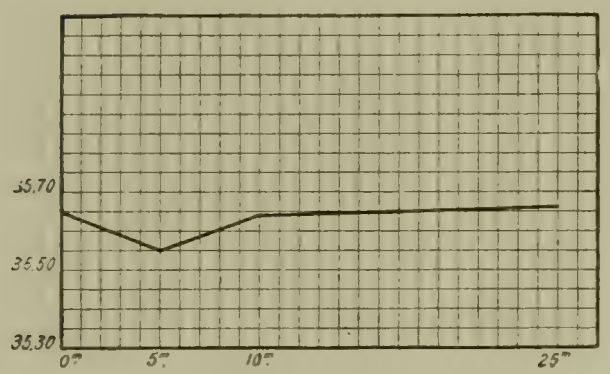
Operaciones números 1316 al 1319



29 Agosto 1918. Vigo (Cíes)

Núm. 7.—Variación de la salinidad con la profundidad

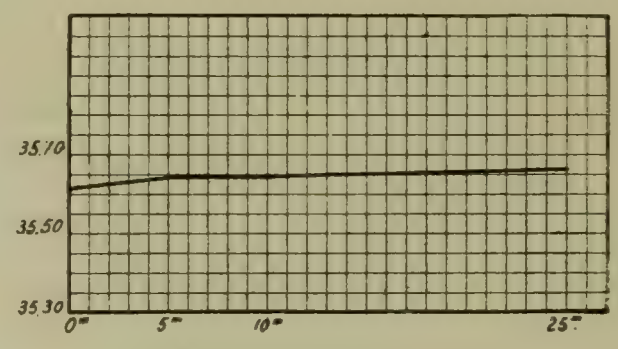
Operaciones números 1359 al 1362



29 Agosto 1918. Vigo (Cíes)

Núm. 8.—Variación de la salinidad con la profundidad

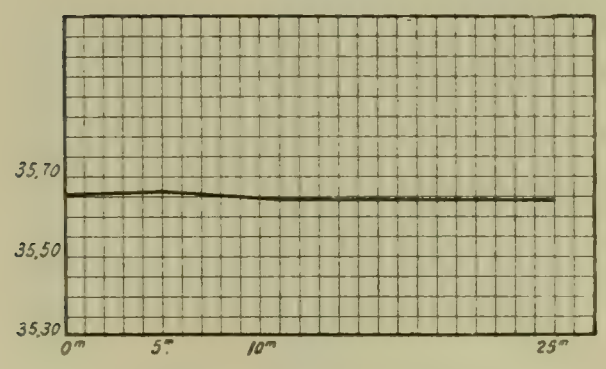
Operaciones números 1365 al 1368



29 Agosto 1918. Vigo (Cíes)

Núm. 9.—Variación de la salinidad con la profundidad

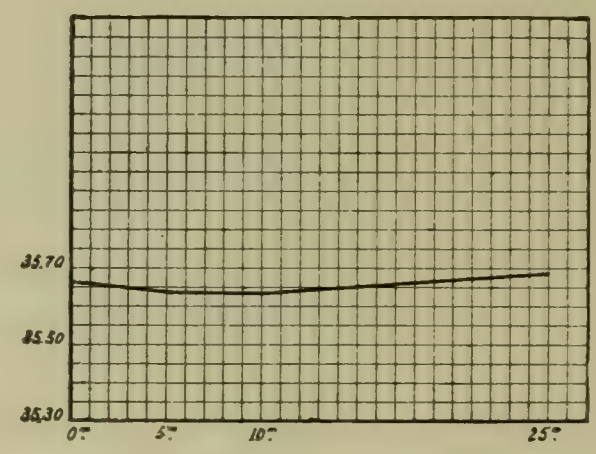
Operaciones números 1369 al 1372



29 Agosto 1918. Vigo (Cíes)

Núm. 10.—Variación de la salinidad con la profundidad

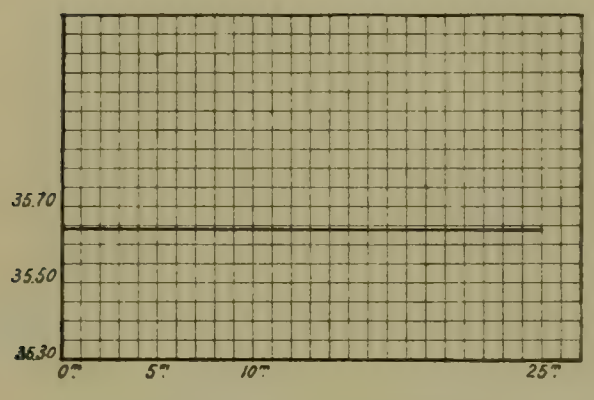
Operaciones números 1375 al 1378



29 Agosto 1918. Vigo (Cíes)

Núm. 11.—Variación de la salinidad con la profundidad

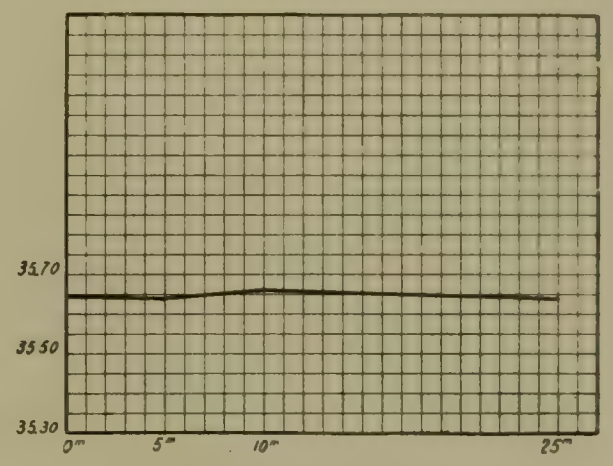
Operaciones números 1379 al 1382



29 Agosto 1918. Vigo (Cíes)

Núm. 12.—Variación de la salinidad con la profundidad

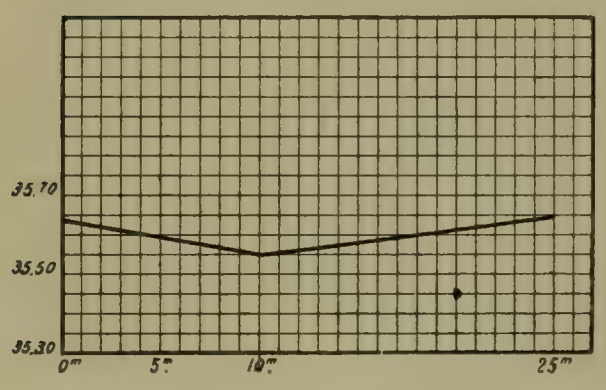
Operaciones números 1387 al 1390



29 Agosto 1918. Vigo (Cíes)

Núm. 13.—Variación de la salinidad con la profundidad

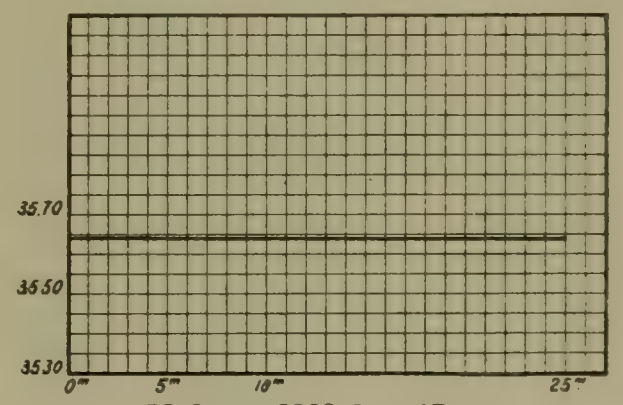
Operaciones números 1391 al 1394



30 Agosto 1918. Vigo (Cíes)

Núm. 14.—Variación de la salinidad con la profundidad

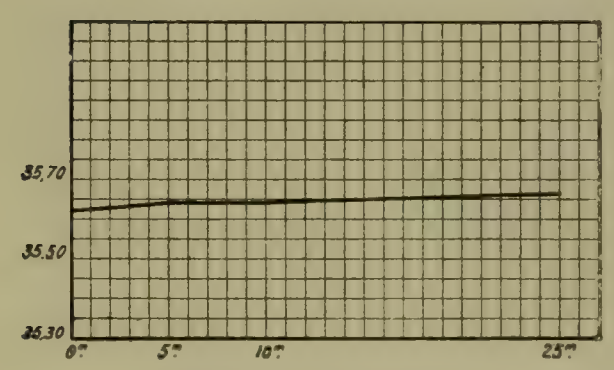
Operaciones números 1397 al 1400



30 Agosto 1918. Vigo (Cíes)

Núm. 15.—Variación de la salinidad con la profundidad

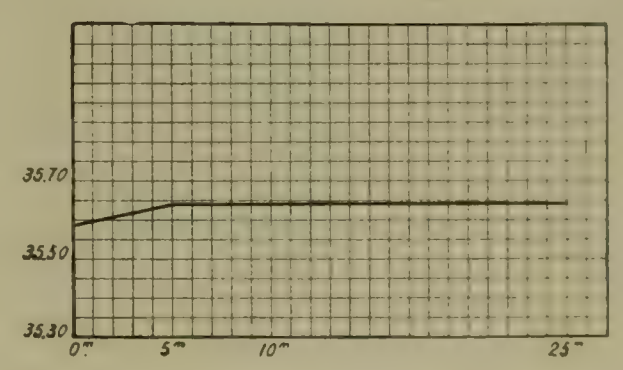
Operaciones números 1401 al 1404



30 Agosto 1918. Vigo (Cíes)

Núm. 16.—Variación de la salinidad con la profundidad

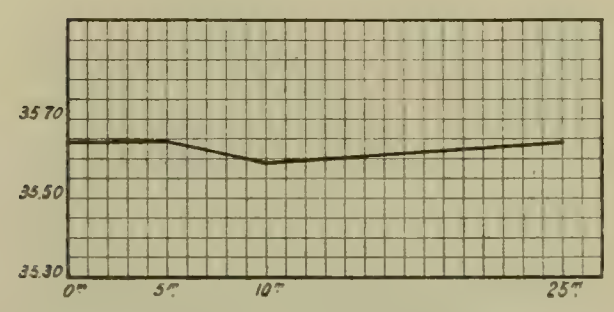
Operaciones números 1407 al 1410



30 Agosto 1918. Vigo (Cíes)

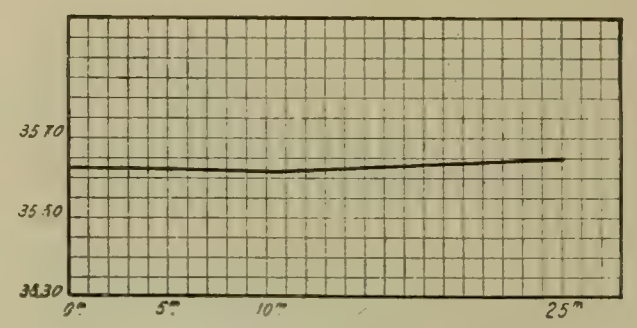
Núm. 17.—Variación de la salinidad con la profundidad

Operaciones números 1411 a 1414



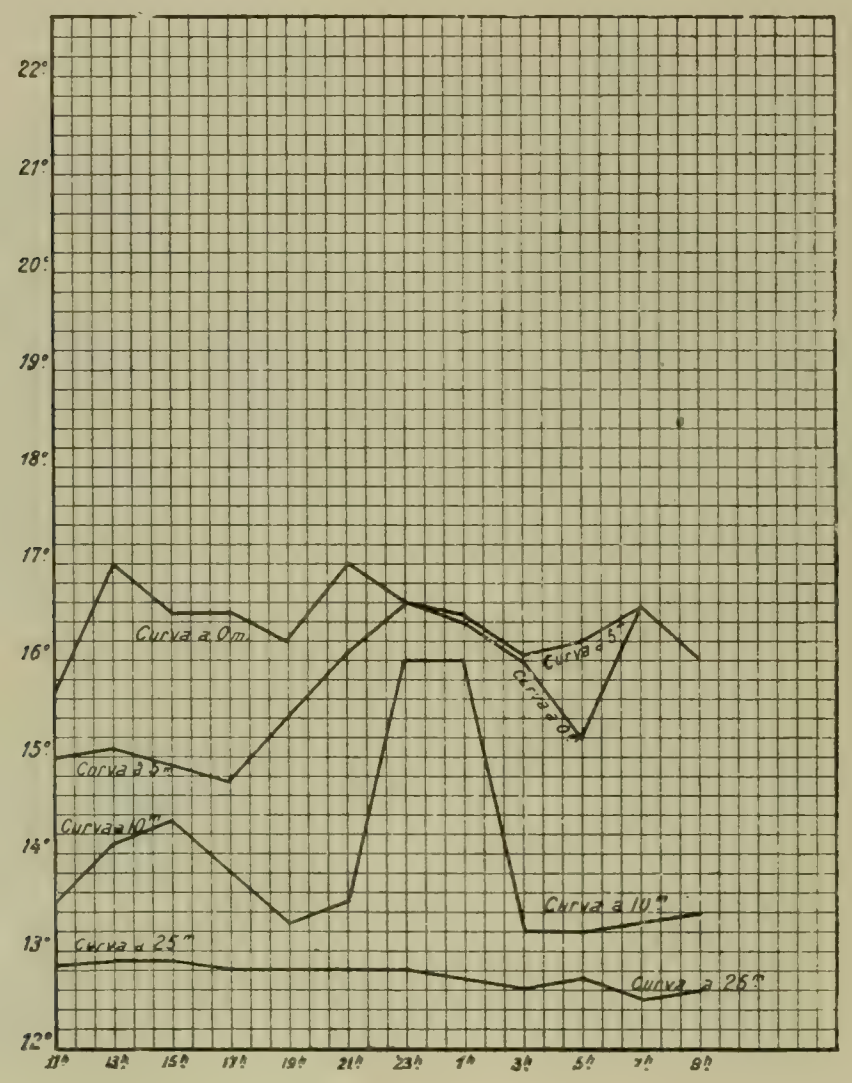
30 Agosto 98. Vigo (Cíes)

Núm. 18.—Variación de la salinidad con la profundidad
Operaciones números 1417 al 1420



29 al 30 Agosto 98. Vigo (Cíes)

Núm. 19.—Variación media de la salinidad a diferentes profundidades



29 al 30 Agosto 98

Núm. 20.—Variación diurna de la temperatura

SEGUNDA PARTE

DETERMINACIÓN DEL OXÍGENO DISUELTO EN EL AGUA DEL MAR

Determinación del oxígeno

El agua del mar no sólo contiene en disolución substancias fijas, sales metálicas principalmante, sino también elementos y combinaciones gaseosas. En el mar se encuentran disueltos todos los componentes del aire, si bien en relación distinta de aquella en que se forma esta mezcla, porque, en virtud de la ley de Dalton, que dice: «Cada uno de los componentes de una mezcla gaseosa se disuelve en la proporción que le corresponde según la presión parcial que ejerce», y por efecto de la distinta solubilidad que poseen dichos componentes, la composición cuantitativa del aire disuelto no puede ser la misma que la del aire atmosférico. La relación $\frac{\text{oxígeno}}{\text{nitrógeno}}$ es mayor en el primer caso que en el segundo, con lo cual se favorece la respiración de la fauna y flora marina.

De los gases nobles (helio, argón, etc.), sólo hay indicios en el aire disuelto, lo cual es consecuencia de la muy pequeña solubilidad de estos gases y de la mínima presión parcial que ejercen en la atmósfera; del papel que estos elementos desempeñan en la vida marina nada se sabe, ni es fácil averiguar, por razones que no escaparán al lector.

Los gases que ordinariamente se investigan en los trabajos oceanográficos son: oxígeno, nitrógeno y gas carbónico; sin embargo, hasta la fecha nos hemos limitado a las determinaciones del oxígeno, porque entre las numerosas dificultades que la guerra trajo aparejadas fué una de las más graves la de adquirir el material especial que se necesita para hacer estos estudios.

Otros gases se encuentran a veces en algunas regiones marinas (puertos, fondos de rías, etc.); dichos gases se producen por fermentaciones de substancias orgánicas y

entre ellos merece especial mención el ácido sulfhídrico, al cual dedicamos las últimas páginas de este trabajo.

Para determinar cuantitativamente el oxígeno disuelto en las aguas se hizo uso del método de Winkler, el cual se funda en absorber el oxígeno que está contenido en un volumen conocido de agua mediante el hidróxido manganoso y valorarlo después por el método iodométrico.

Los reactivos que hacen falta para llevar a cabo estas investigaciones se indican brevemente en las líneas que siguen:

1.° *Disolución del cloruro manganoso.*—Esta disolución se prepara disolviendo en agua destilada 400 gramos de la sal cristalizada, $Cl_2 Mn + 4 H_2 O$, y diluyendo hasta formar un litro. Para evitar que se enturbie a consecuencia de la absorción de oxígeno hay que agregarle cuatro o cinco centímetros cúbicos de ácido clorhídrico concentrado.

2.° *Disolución de sosa cáustica iodurada.*—En la obtención de este reactivo no debe emplearse la sosa del comercio, porque con frecuencia contiene nitritos, sino que lo mejor es prepararla en el laboratorio, o bien con sodio, o bien con carbonato sódico purísimo y cal. En este caso el líquido se extrae con un sifón y después se concentra en una cápsula de plata que la densidad sea 1,35.

Una vez frío se disuelven 10 gramos de ioduro potásico en cada 100 c. c. de disolución de sosa.

3.° *Disolución de* $\frac{N}{1.000}$ *de hiposulfito sódico.* — La disolución centésimo normal de este cuerpo debe prepararse en pequeñas cantidades, porque el hiposulfito sódico es un reactivo inestable cuando se encuentra muy diluído, y su título varía con rapidez. Por esta circunstancia la disolución N/100 se prepara en la cantidad necesaria para los trabajos del día, partiendo para ello de disoluciones de hiposulfito sódico N/10, las cuales se conservan bien cuando se guardan en frascos llenos. A este fin, se toman con una pipeta de precisión 50 c. c. de hiposulfito sódico N/10, se vierten en un matraz aforado de 500 c. c. y se diluye la disolución con agua hervida y enfriada fuera del contacto del aire hasta que el líquido llegue en el matraz a la señal de enrase; la disolución así obtenida será N/100 si se trabaja con esmero y si la pipeta y matraz están bien calibrados.

Operando cuidadosamente se obtendrán disoluciones cuyo título siempre será el mismo, y, por consiguiente, los resultados comparables.

Importa mucho que la disolución N/10 de hiposulfito sódico se prepare y conserve bien. Para prepararla es necesario calcular la cantidad de hiposulfito que debe contener cada litro de disolución, y esto se consigue por la reacción fundamental siguiente:

$$2 S_2 O_3 Na_2 + I_2 = 2 I Na + S_4 O_6 Na_2$$

la cual nos dice que una molécula-gramo de hiposulfito sódico equivale a un átomo-gramo de iodo; por consiguiente, la disolución N/10 se obtendrá disolviendo en el agua

la décima parte del peso molecular del hiposulfito y diluyendo la disolución hasta formar un litro. El líquido así preparado cambia muy pronto de título, porque el ácido carbónico del agua actúa sobre el hiposulfito y deja en libertad ácido sulfúrico, que absorbe iodo en proporciones diferentes. Por este motivo se aconseja preparar una disolución de hiposulfito sódico que sea un poco más concentrada, y a la cual se deja en reposo quince días para que entre tanto todo el gas carbónico disuelto reaccione con el hiposulfito, y después se valora la disolución con otra N/10 de permanganato potásico.

Para verificar la valoración se introduce en un vaso de Erlenmeyer uno o dos gramos de ioduro potásico purísimo, se disuelven en la menor cantidad posible de agua, después se añaden 5 c. c. de ácido clorhídrico (diluído en la proporción 1 : 5), y finalmente 20 c. c. de disolución N/10 de permanganato potásico; operando de este modo queda en libertad el iodo, según la siguiente reacción

$$2\,Mn\,O_4\,K + 16\,Cl\,H + 10\,I\,K = 2\,Cl_2\,Mn + 12\,Cl\,K + 8\,H_2\,O + 5\,I_2$$

Sobre el líquido de color oscuro que así se obtiene, se deja caer con una bureta la disolución de hiposulfito y se continúa la adición del reactivo hasta que el líquido se descolore. Para reconocer con exactitud el final de la operación se agrega al líquido, débilmente coloreado en amarillo, unas gotas de engrudo de almidón, cuyo cuerpo en presencia del iodo se tiñe de azul intenso; después se continúa añadiendo hiposulfito, hasta que el líquido pase de azul a incoloro.

Del número de c. c de hiposulfito que se han gastado en la valoración con permanganato potásico se deduce, mediante una proporción, el factor de normalidad, y, por consiguiente, el título del reactivo.

En efecto, si N c. c. de hiposulfito sódico equivalen a 20 c. c. de permanganato potásico, N/10, un c. c. de aquél equivaldrá a K. de c. c. de esta disolución o sea de hiposulfito N/10; por consiguiente, $K = \frac{20}{N}$. Este número será el factor por el cual habremos de multiplicar todos los resultados analíticos verificados con la disolución de hiposulfito y también los que obtengamos con la disolución diez veces más diluída, cuya preparación hemos indicado.

4.° *Disolución de almidón.*—Sirve de indicador para reconocer el punto final de la valoración del iodo con hiposulfito sódico; el fundamento es que el elemento halógeno produce en su presencia del almidón color azul intenso. Para preparar el engrudo de almidón se mezclan 5 gramos de este cuerpo, finamente pulverizado, con muy poca agua hasta formar una papilla; se vierte ésta poco a poco sobre un litro de agua hirviendo, y se continúa la ebullición durante dos minutos, al cabo de los cuales se deja enfriar. Operando de este modo no se forman grumos y se obtiene un líquido opalino que una vez frío se decanta. Las disoluciones de almidón ofrecen el inconveniente de que no se conservan muchos días, por lo cual se aconseja prepararlas en pequeñas cantidades.

Todos los reactivos anteriores deben ser purísimos; la disolución de cloruro manganoso no debe contener cloruro férrico, porque este compuesto en presencia del ioduro separaría iodo. La disolución alcalina de ioduro potásico ha de estar exenta de nitritos y sulfitos, que provocarían también la separación del halógeno. Finalmente, el ioduro no deberá contener iodato y el ácido clorhídrico ha de estar exento de cloro libre. La presencia de cualquiera de estas impurezas se reconoce tratando el reactivo con ioduro potásico purísimo y engrudo de almidón; trabajando en disolución ácida una coloración azul demuestra la presencia de la impureza correspondiente.

La captura del agua que ha de ser objeto del análisis, se verifica directamente, si se trata de agua superficial; con esta se llenan frascos de vidrio de 150 c. c. de cabida y se cierran con un tapón de la misma substancia que ajuste perfectamente; el tapón debe tener la base convexa o plana, porque si fuera cóncava, en la concavidad quedaría una burbuja de aire que falsearía los resultados.

Cuando la muestra que se analiza es agua de profundidad se debe evitar el contacto con el aire a fin de que no se establezca un intercambio de gases. Esto se consigue extrayendo el agua de la profundidad que se desee mediante una botella Richard, y trasladándola al frasco de vidrio mediante la disposición siguiente: Se cierra la boca de la botella Richard con un tapón atravesado por un tubito de vidrio, y al mismo tiempo se dispone el frasco en el que se ha de recoger el agua del mismo modo que los frascos lavadores que se usan en los laboratorios para manejar agua destilada, es decir, se cierra el frasco con un tapón de goma atravesado por un tubo que llega hasta el fondo, y por otro encorvado que no pasa de la base inferior del tapón; finalmente, el primero de estos tubos se enlaza con el de la botella de Richard mediante otro de goma, y el segundo se pone en comunicación con una botella de las que se usan para recoger el agua e investigar la salinidad; hecho esto se abre la llave de la botella Richard y se deja que circule el agua por el frasco hasta algún tiempo después de haberlo llenado; operando de este modo, se desaloja el aire y no se recoge la primera agua que por haber estado en contacto con el aire, no sirve para determinar el oxígeno, pero que en cambio, se aprovecha para investigar la salinidad. Debe tenerse la precaución de cerrar la llave de la botella Richard antes de que se haya vaciado por completo, puesto que sólo así hay la seguridad de que el agua recogida en el frasco no se ha aireado. Una vez lleno el frasco de agua se quita el tapón y con una pipeta de un centímetro cúbico de capacidad, provista de dos divisiones y tubo largo, se añade un centímetro cúbico de la disolución de sosa cáustica iodurada (reactivo 2.°), teniendo cuidado de introducir la pipeta hasta el fondo; después, con otra pipeta idéntica, se vierte un c. c. de la disolución de cloruro manganoso, si bien en esta operación la pipeta solo debe introducirse hasta la mitad del frasco, y a continuación se cierra éste con su tapón correspondiente. Debe tenerse mucho cuidado en todas estas operaciones a fin de no arrastrar con el pico de la pipeta alguna partícula del precipitado, porque, entonces, los resultados no son exactos. Asimismo, para evitar que el oxígeno del aire penetre a través del tapón se liga éste fuertemente con un bramante, y se guardan los frascos

sumergidos en agua de mar; aun así, es posible que el intercambio de gases se establezca con el tiempo y que los análisis den números que vayan afectados de un error por exceso. Esto parece comprobado en algunos análisis que practiqué sobre muestras iguales a intervalos de tiempo largos. Por eso, conviene analizar las muestras poco tiempo después de llegar al laboratorio, pues basta unas horas de reposo para que los reactivos agregados absorban todo el oxígeno que el agua contiene disuelto.

Las reacciones que el cloruro manganoso y la sosa cáustica iodurada producen en el agua, son las siguientes: 1.ª, reacción de estos reactivos entre sí con formación de hidróxido manganoso, insoluble, de color blanco,

$$Cl_2\,Mn + 2\,NaOH = 2\,Cl\,Na + Mn\,(OH)^2;$$

2.ª, oxidación del hidróxido manganoso a expensas del oxígeno disuelto transformándose en hidrato de peróxido, de color pardo,

$$Mn\,(OH)_2 + O = Mn\,O_3\,H_2 = Mn\,O_2 + H_2\,O.$$

Para valorar el oxígeno absorbido por el hidróxido manganoso, se introduce en el frasco, con una pipeta que llegue hasta el fondo, tres c. c. de ácido clorhídrico humeante, el cual disuelve el peróxido

$$Mn\,O_2 + 4\,Cl\,H = 2\,H_2\,O + Cl_2\,Mn + Cl_2$$

y después el cloro separado actúa sobre el ioduro potásico dejando iodo en libertad

$$2\,I\,K + Cl_2 = 2\,Cl\,K + I_2$$

por cuya presencia el líquido, antes incoloro, toma tinte amarillo-rojizo más o menos intenso según la cantidad de iodo. Cuando se introduce la pipeta en el frasco para añadir ácido clorhídrico, un volumen igual de agua se vierte por la boca, pero esto no debe preocupar al operador porque su oxígeno fué ya absorbido por el precipitado de hidróxido manganoso

Resta únicamente valorar el iodo libre; para ello se vierte el contenido del frasco en un matraz Erlenmeyer, y de una bureta dividida en 1/10 de c. c. se deja caer poco a poco la disolución N/100 de hiposulfito sódico; cuando el líquido se ha descolorado casi por completo se vierten unas gotas de él en el frasco, a fin de lavarlo y se vuelven nuevamente en el vaso de Erlenmeyer; para terminar la operación se agregan unos c. c. de disolución de almidón y se continúa añadiendo hiposulfito sódico gota a gota hasta que el color azul intenso desaparezca y el líquido quede incoloro. Supongamos que el número de c. c. gastados es N, para terminar la cantidad de oxígeno contenido en un litro de agua, basta con hacer los razonamientos siguientes: en virtud de la ecuación

$$2\,S_2\,O_3\,Na_2 + I_2 = 2\,INa + S_4\,O_6\,Na_2$$

un litro de disolución normal de hiposulfito sódico equivale a un átomo-gramo de iodo o sea 1 2 átomo-gramo de oxígeno, esto es, a ocho gramos de este gas; el volumen de ocho gramos de oxígeno a 0 y 760 milímetros es 5597,55 c. c.; luego un litro de disolución normal de hiposulfito equivale a 5597,55 c. c. de oxígeno; por lo tanto, un centímetro cúbico de hiposulfito N/100 representa 0,0559755 c. c. Ahora bien, en los trabajos de laboratorio suelen emplearse disoluciones de hiposulfito que no son exactamente N/100, por lo cual, hay que multiplicar el número de c. c. que indica la bureta por el factor de normalidad K. Designemos por V el volumen del frasco (descontados los dos c. c. de los reactivos usados) y supongamos que en la valoración se han gastado N c. c. de hiposulfito, la cantidad de oxígeno disuelta en cada litro de agua se deduce de la proporción siguiente:

$$\frac{V}{K\,n \times 0{,}05597} = \frac{1.000}{X}$$

de donde

$$X = \frac{55{,}97\,Kn}{V}.$$

Campaña oceanográfica de 1916, realizada con el cañonero «Hernán Cortés» por las rías bajas de Galicia

DETERMINACIÓN DEL OXÍGENO

Número de la operación	Estación	Profundidad en metros	Temperatura	Fecha	Hora	Oxígeno °/₀₀ en c. c.
137 (603)	Vigo	5	19°44	28-VII-1916		8,99
»	»	Superficie	19°4	»		8,59
	»	»				[illegible]
134 (600)	»	15	13°65	»		4,05
152 (618)	»	Superficie	20°5	2-VIII-1916		3,94
160 (626)	»	»	18°7	4-VIII-1916		3,87
166 (632)	»	10	16°4	»		4,56
167 (633)	»	Superficie	18°8	»		5,24
169 (635)	»	»	19°8	5-VIII-1916		8,48
174 (640)	»	»	19°2	»		6,12
182 (648)	»	»	20°8	»		8,34
186 (652)	»	75	12°4	7-VIII-1916		6,25
187 (653)	»	50	12°4	»		5,11
188 (654)	»	15	15°9	»		6,15
189 (655)	»	Superficie	19°	»		5,26
192 (658)	»	5	16°7	»		5,92
193 (659)	»	2	18°4	»		7,14
194 (660)	»	Superficie	19°	»		8,04
198 (664)	»	»	18°8	»		7,35
210 (676)	»	»	21°8	»		8,57
214 (680)	»	»	15°8	»		5,07
215 (681)	»	25	13°15	»		4 06
216 (682)	»	10	13°8	»		4,16
217 (683)	»	5	15°13	»		4,24
226 (692)	»	Superficie	18°2	10-VIII-1916		6,45
227 (693)	»	5	14°3	»		6,19
228 (694)	»	10	13°8	»	11 h.	6,09
229 (695)	»	20	13°	»	11 h.	3,40
239 (705)	»	Superficie	16°2	»	20 h. 10 m.	4,04
240 (706)	»	5	14°6	»	16 h.	4,50
241 (707)	»	10	14°3	»	16 h.	5,90
242 (708)	»	20	13°6	»		4,86
247 (713)		Superficie	18°	»	24 h.	3,58
248 (714)		5	16°2	11-VIII-1916		7,13
249 (715)		10	15°7	»		7,24
250 (716)		20	13°2	»		4,12
255 (721)		Superficie	19°	»		7,60
256 (722)		5	17°	»		6,69
257 (723)		10	13°8	»		5,64
258 (724)		20	12°9	»		4,08
280 (746)		Superficie	14°7	»		5,87
281 (747)		5	14°8	»		5,35
282 (748)		10	14°25	»		4,06
283 (749)		20	14°	»		4,70
284 (750)		50	12°35	»		4,15
288 (754)		Superficie	15°	»		4,87
289 (755)		5	15°33	»		5,41
290 (756)	Ría Arosa	10	13°7	16-VIII-1916		5,23
291 (757)		20	13°1	»		4,73
294 (760)	Villagarcía	Superficie	18°2	»		7,03
295 (761)		»	17°7	»		5,71
297 (763)		»	16°	»		5,48
298 (764)		5	15°2	»		5,23
299 (765)		10	14°65	»		4,94
300 (766)		15	13°3	»		4,98
304 (770)	Ría Arosa	Superficie	16°8	»		5,41

Número de la operación	Estación	Profundidad en metros	Temperatura	Fecha	Hora	Oxígeno °/oo en c. c.
305 (771)	Villagarcía	5	15°9	16-VIII-1916		5,02
306 (772)		10	14°65	»		4,85
307 (773)		20	13°	»		3,29
308 (774)		40	12°45	»		6,84
317 (783)		Superficie	18°7	»		4,08
320 (786)		25	12°6	»		3,97
321 (787)		10	13°4	»		4,27
322 (788)		5	15°17	»		6,38
323 (789)		Superficie	16°8	»		5,94
325 (791)		25	12°6	»		3,46
326 (792)		10	13°85	»		5,03
327 (793)		5	14°7	»		4,96
328 (794)		Superficie	18°6	»		5,84
331 (797)		»	19°1	»		3,62
340 (806)		»	19°3	»		6,40
341 (807)		5	17°7	»		6,24
342 (807)		10	14°72	»		3,32
343 (808)		25	12°75	»		2,32
349 (815)		Superficie	17°1	»		6,26
351 (817)		15	13°5	»		2,67
352 (818)		10	14°8	»		2,95
353 (819)		5	18°14	»		5,48
354 (820)		Superficie	19°	»		6,42
358 (824)		»	20°	»		8,13
367 (833)		»	19°8	»		8,90
374 (840)		»	19°5	»		7,88
375 (841)		»	19°8	»		6,81
376 (842)		5	19°1	»		5,85
377 (843)		10	17°53	»		5,14
378 (444)		20	16°9	»		4,16

De un modo análogo a lo que hemos hecho para estudiar comparativamente los valores de la salinidad, agruparemos aquí los resultados que se obtuvieron en la determinación del oxígeno a diversas profundidades; sólo así podrán compararse sus valores mediante gráficos, a los cuales daremos igual interpretación que en la primera parte de este trabajo.

En el gráfico 1, como en casi todos los siguientes, se observan grandes diferencias entre los valores obtenidos, puesto que éstos varían desde un mínimo de 3,62 °/₀₀ hasta un máximo de 8,90 °/₀₀; a veces, los máximos coincidieron con la presencia de mucho *plankton*, probablemente porque éste retiene el oxígeno adherido a su superficie; el valor medio de oxígeno en aguas superficiales fué 6,28 °/₀₀.

A la profundidad de cinco metros (gráfico 2) los valores de oxígeno difieren entre sí mucho menos que en las aguas superficiales, si se exceptúa la operación 137 de la campaña, cuyo resultado es más grande. El valor medio es 5,85 °/₀₀.

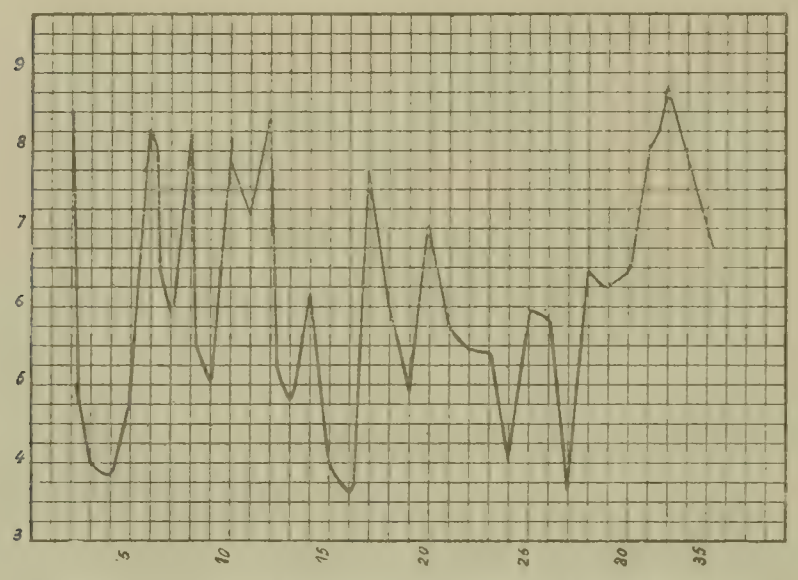
A la profundidad de 10 metros (gráfico 3) la cantidad de oxígeno disuelto es menor que a las profundidades ya citadas, y su valor medio 5,09 °/₀₀ es también más bajo que los anteriores.

A 15 metros el valor medio es 4,46 °/₀₀. A 20 metros asciende a 4,29 °/₀₀ y a 25 metros dicho valor es 3,42 °/₀₀.

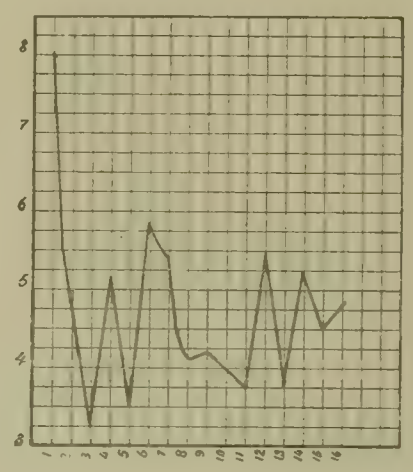
A la profundidad de 50 metros sólo se verificaron dos determinaciones; sus valores no son muy discordantes entre sí, pero el valor medio es mayor que el obtenido a 25 metros y asciende a 4,31 °/₀₀.

Si con los valores medios mencionados construímos un gráfico, éste expresará la variación que experimenta el contenido de oxígeno a medida que crece la profundidad; convendremos en tomar dichos valores sobre el eje de ordenadas y las profundidades sobre el de abscisas, con lo cual resultará la curva del gráfico 7, la cual pone de manifiesto la relación que existe entre el contenido de oxígeno en el agua mariña y la profundidad de donde ésta se extrae.

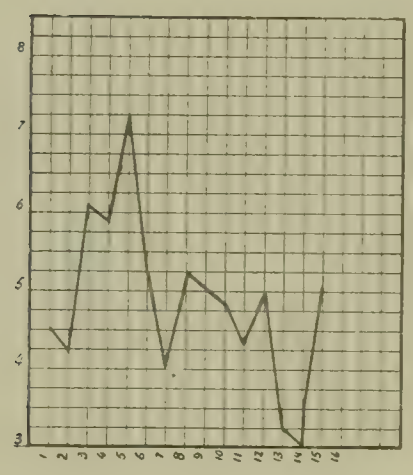
Por esta curva vemos que el oxígeno disminuye con la profundidad de una manera casi continua. Sin embargo, estimo que el número de determinaciones realizadas no basta para generalizar los resultados; para ello sería preciso, no sólo que el número de análisis fuera mucho mayor, sino también que las observaciones se hicieran a mayor profundidad, pues la curva se extiende entre límites muy próximos.



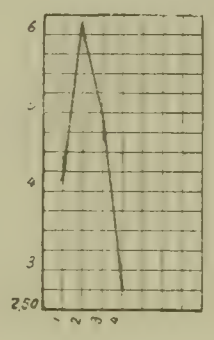
Núm. 1.—Gráfica del oxigeno disuelto en el agua superficial



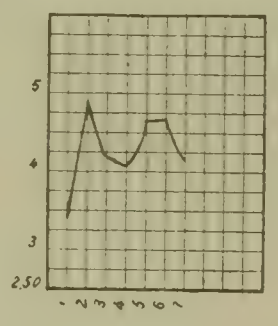
Núm. 2.—Oxígeno a 5 metros



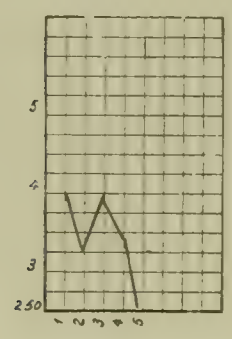
Núm. 3.—Oxígeno a 10 metros



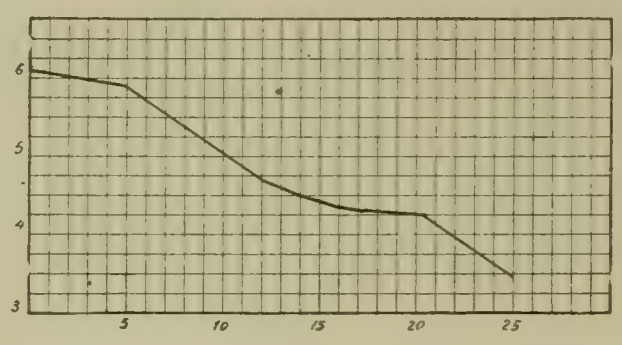
Núm. 4.—Oxígeno a 15 metros



Núm. 5.—Oxígeno a 20 metros



Núm. 6.—Oxígeno a 25 metros



Núm. 7.—Gráfica de los valores medios de oxígeno

Campaña oceanográfica de 1917, realizada con el crucero «Río de la Plata por las rías bajas de Galicia

DETERMINACIÓN DEL OXÍGENO

Número de la operación	Estación	Profundidad en metros	Temperatura	Fecha	Hora	Oxigeno en c. c.
935 (91)	Dentro I. Cíes.	Superficie	15°	1-Agosto-1917		5,249
942 (98)	»	»	14°4	»		2,703
944 (100)	»	»	16°2	»		3,702
945	Ría Vigo	»	15°5	6 Agosto		3,019
946	»	5	13°1	»		3,063
947	»	10	12°8	»		2,833
948	»	25	11°	»		2,610
953	»	Superficie	14°8	»		2,744
955	»	5	13°	»		2,426
956	»	10	12°2	»		1,865
957	»	25	10°8	»		2,935
958	»	Superficie	14°4	»		3,717
959	»	»	14°6	»		2,210
966	»	»	17°8	13 Agosto		7,451
967	»	5	17°3	»		5,805
968	»	10	15°7	»		5,672
969	»	25	13°8	»		3,648
973	»	Superficie	15°3	»		6,318
974	»	5	14°7	»		6,315
976	»	Superficie	14°8	»		6,316
977	»	5	14°7	»		6,442
979	»	Superficie	14°8	»		6,390
980	»	4	14°6	»		6,709
986	»	Superficie	17°7	16 Agosto		6,111
987	»	5	14°5	»		6,183
988	»	10	13°4	»		5,528
992	»	Superficie	18°2	»		6,001
993	»	5	15°	»		6,276
994	»	10	13°6	»		6,194
1005 (161)	»	Superficie	17°3	20 Agosto		6,260
1006 (162)	»	25	13°2	»		4,556
1007 (163)	»	10	14°9	»		5,522
1008 (164)	»	5	16°7	»		5,909
1009 (165)	»	Superficie	17°5	»		6,214
1010 (166)	»	25	13°3	»		4,395
1011 (167)	»	10	14°7	»		5,562
1012 (168)	»	5	16°6	»		5,943
1014 (170)	»	Superficie	17°3	»		6,202
1015 (171)	»	25	13°2	»		4,326
1016 (172)	»	10	14°3	»		5,625
1017 (173)	»	5	15°9	»		5,999
1020 (176)	»	Superficie	17°	»		5,767
1021 (177)	»	25	13°	»		4,364
1022 (178)	»	10	13°8	»		5,095
1023 (179)	»	5	16°3	»		5,992
1025 (181)	»	Superficie	16°3	»		6,064
1026 (182)	»	25	12°6	»		4,242
1027 (183)	»	10	13°9	»		5,197
1028 (184)	»	5	14°5	»		6,032
1033 (189)	»	Superficie	16°7	»		6,024
1034 (190)	»	25	12°6	»		4,172
1035 (191)	»	10	14°7	»		5,638
1036 (192)	»	5	15°6	»		5,872
1037 (193)	»	Superficie	16°9	»		6,149
1038 (194)	»	25	12°6	»		4,427
1039 (195)	»	10	16°2	»		5,673

Número de la operación	Estación	Profundidad en metros	Temperatura	Fecha	Hora	Oxígeno °/oo en c. c.
1040 (196)	Ría Vigo	5	17°	20 Agosto		6,131
1043 (199)	»	Superficie	16°8	21 Agosto		6,092
1044 (200)	»	25	12°6	»		4,365
1045 (201)	»	10	16°5	»		5,855
1047 (203)	»	Superficie	16°7	»		6,145
1046 (202)	»	5	16°8	»		6,089
1048 (204)	»	25	13°	»		4,478
1049 (205)	»	10	15°2	»		5,707
1050 (206)	»	5	16°6	»		6,140
1053 (209)	»	Superficie	16°6	»		6,021
1054 (210)	»	25	12°6	»		4,326
1055 (211)	»	10	13°8	»		5,259
1056 (212)	»	5	14°9	»		5,588
1057 (213)	»	Superficie	16°2	»		5,970
1058 (214)	»	25	12°6	»		4,391
1059 (215)	»	10	13°8	»		4,933
1060 (216)	»	5	14°6	»		5,051
1063 (219)	»	Superficie	16°5	»		6,010
1064 (220)	»	25	12°4	»		4,244
1065 (221)	»	10	13°8	»		4,999
1066 (222)	»	5	14°2	»		5,095
1071 (227)	»	Superficie	17°	24 Agosto		5,453
1074 (230)	»	»	16°5	»		6,070
1077	»	»	14°2	27 Agosto		5,217
1078	»	10	14°5	»		5,044
1079	»	5	14°4	»		
1084 (240)	»	Superficie	15°9	»		4,983
1085 (241)	»	»	16°	»		5,108
1094	»	»	16°2	31 Agosto		5,879
1095	»	5	16°3	»		5,631
1096	»	10	16°25	»		5,562
1097	»	25	13°7	»		5,006
1098	»	50	10°2	»		4,609
1099	»	Superficie	16°6	»		6,597
1103	»	»	17°	»		5,453
1109	»	»	16°3	»		6,127
1118	»	»	17°8	1 Septiembre		5,351
1119	»	10	14°5	»		5,142
1120	»	5	16°1	»		5,418
1127	»	Superficie	14°3	4 Septiembre		5,392
1128	»	25	14°1	»		4,761
1129	»	10	14°6	»		5,597
1130	»	5	14°9	»		5,597
1132	»	25	13°6	»		4,511
1133	»	10	14°5	»		5,413
1134	»	5	14°7	»		3,943
1137	»	Superficie	14°3	»		5,495
1138	»	25	13°1	»		4,077
1139	»	10	14°45	»		5,245
1140	»	5	14°5	»		5,847
1145	»	Superficie	15°5	7 Septiembre		5,943
1150	»	»	16°2	»		6,135
1156	»	»	16°5	»		5,958
1160	»	»	16°	»		6,196

Los cuatro primeros gráficos tienen por objeto poner de relieve la variación numérica encontrada en el contenido de oxígeno de cada litro de agua marina que proceda de la misma profundidad. El gráfico 1 expresa los valores que durante la campaña alcanzó la concentración del oxígeno disuelto en las aguas de superficie; por la forma de la curva se deduce que exceptuando las primeras muestras en las que la cantidad de oxígeno disuelto es pequeña, en todas las demás y cualquiera que sea la estación, el número de c. c. de este gas disueltos en cada litro de agua oscila entre 5,400 c. c. y 6,400 c. c. Su valor medio es 5,500 c. c.

En el gráfico 2 aparece la curva de oxígeno disuelto en aguas de la profundidad de 5 metros; su posición con respecto a los ejes de coordenadas y su forma nos dice que en la mayor parte de las muestras analizadas el número de c. c. de oxígeno que hay disueltos en un litro de agua varía entre 5 c. c. y 6,400 c. c.; su valor medio es algo superior al que tiene en el agua superficial, pues asciende a 5,629 c. c.

La curva indicada en el gráfico 3 tiene forma parecida a la del anterior y representa la variación que experimentó el contenido de oxígeno en agua de 10 metros; sus valores oscilan entre 5 c. c. y 5,800 c. c., y su valor medio es 5,180 c. c. Asimismo, el gráfico 4 manifiesta que a 25 la concentración en oxígeno oscila, generalmente, entre 4,200 y 4,500 c. c.; su valor medio es 4,201.

Relacionando los valores medios que indican el contenido de oxígeno en un litro de agua a diferentes profundidades, con los valores correspondientes de éstas, expresados en metros, se obtiene la curva del gráfico 6; por ella se ve, que durante el verano de 1917. la concentración del oxígeno fué casi la misma en un espesor de agua de cinco metros, mientras que desde esta profundidad hasta los 25 metros disminuyó de un modo continuo. Variaciones análogas a las que se acaban de indicar han sido comprobadas en multitud de determinaciones hechas en una misma estación a profundidades crecientes; por ejemplo, en las observaciones que indican los gráficos 6 y 8, las cuales demuestran que la concentración en oxígeno, disminuye en cada estación con la profundidad a que se extrajo el agua. Pero donde mejor se ven estas relaciones es en los análisis que se hicieron con muestras recogidas en una misma estación, cada dos horas, durante un período de veinticuatro. Estas experiencias se realizaron en la proximidad de las islas Cies los días 20 y 21 de Agosto de 1917.

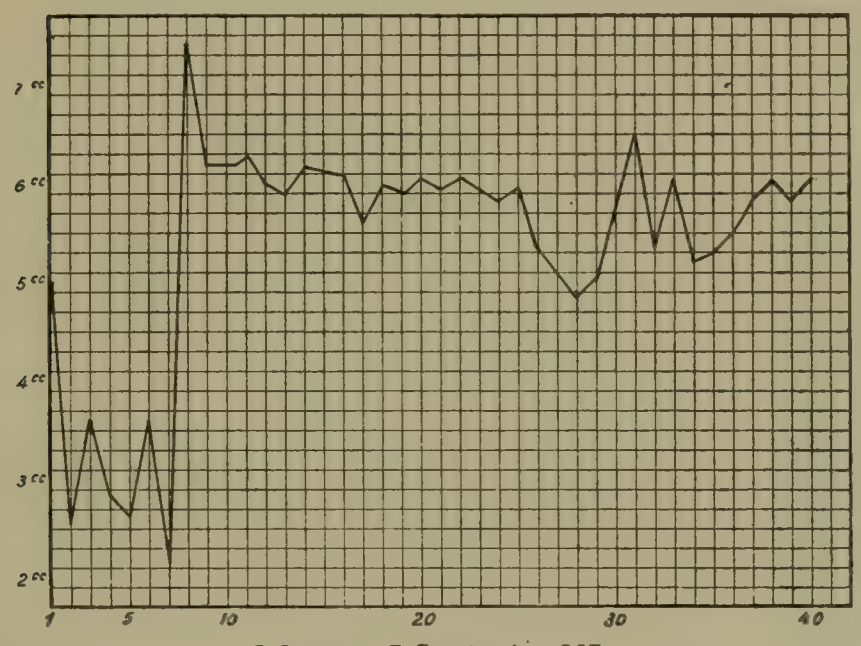
Los gráficos números 10 al 22 inclusive comprueban de un modo claro que la concentración del oxígeno disuelto disminuye en cada punto con la profundidad, y que en la mayor parte de los casos la disminución es uniforme.

El gráfico 23 muestra comparativamente las curvas de oxígeno correspondientes a dicha estación y resume todos los gráficos anteriores; porque además de expresar la variación que durante las veinticuatro horas experimentó la concentración del oxígeno en el agua de una profundidad dada, dichas curvas, por su posición, con respecto al eje de coordenadas, hacen resaltar la diferente concentración que tiene el oxígeno en las distintas capas acuosas, concentración que difiriendo poco en los cinco primeros metros disminuye gradualmente hasta la profundidad de 25.

Los valores medios que adquiere la concentración del oxígeno disuelto en el agua a las cuatro profundidades a que se hicieron estas observaciones sistemáticas, son las siguientes:

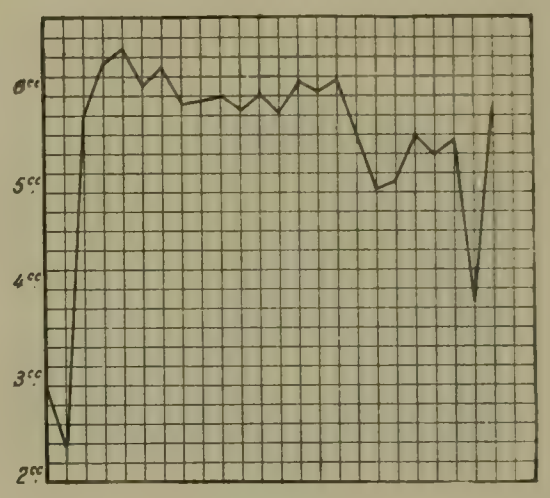
0	m.....	6,075	c. c.	oxígeno	por	litro.
5	m.....	5,820	c. c.	»	»	»
10	m.....	5,422	c. c.	»	»	»
25	m.....	4,357	c. c.	»	»	»

cuyas relaciones se expresan en el gráfico 24, el cual es muy análogo a otros muchos de los anteriores.



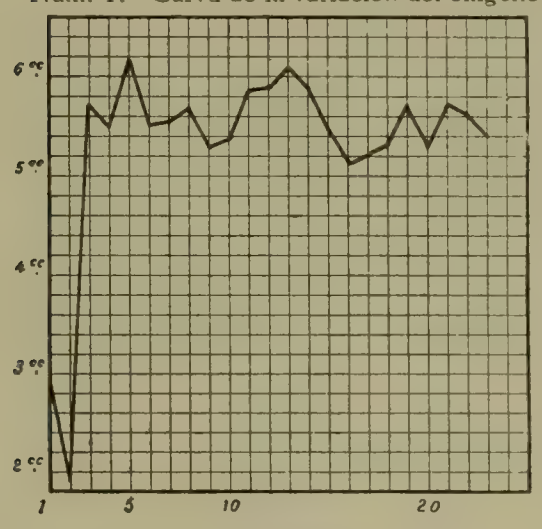
1 Agosto a 7 Septiembre 917

Núm. 1.– Curva de la variación del oxígeno superficial



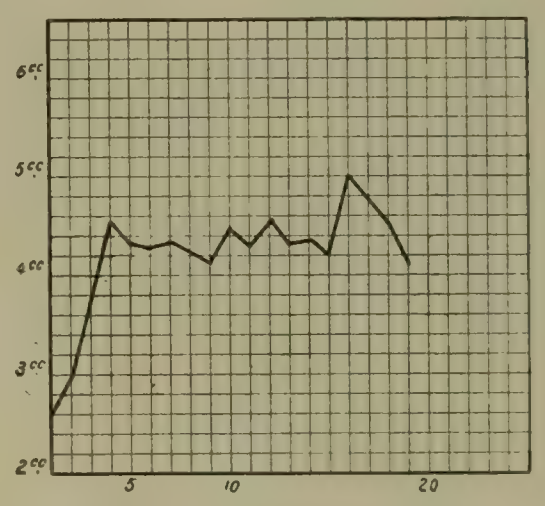
1 Agosto a 7 Septiembre 1917

Núm. 2.—Curva de la variación del oxígeno a 5 metros



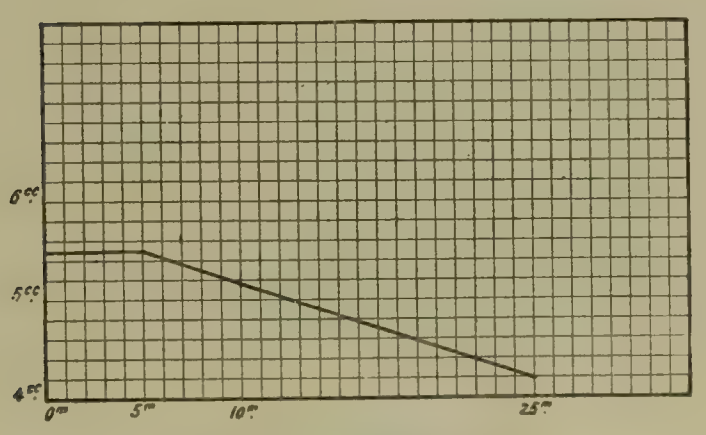
1 Agosto a 7 Septiembre 1917

Núm 3.—Curva de la variación del oxígeno a 10 metros



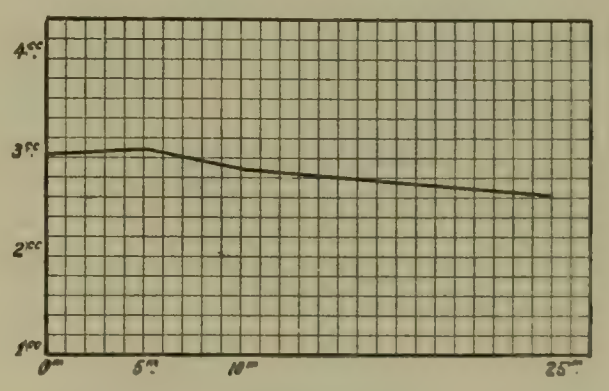
1 Agosto a 7 Septiembre 1917

Núm. 4.—Curva de la variación del oxígeno a 25 metros



1 Agosto a 7 Septiembre 1917

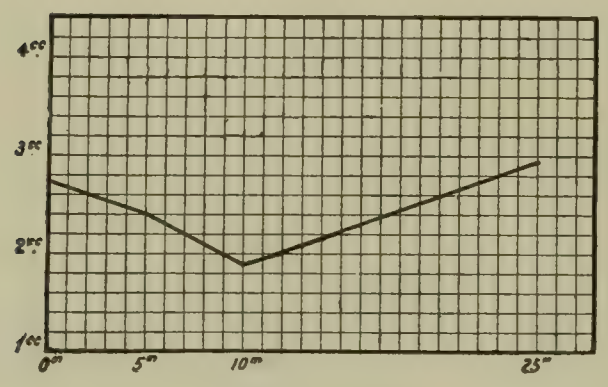
Núm. 5.—Relación de los valores medios del oxígeno y la profundidad



6 Agosto 1917

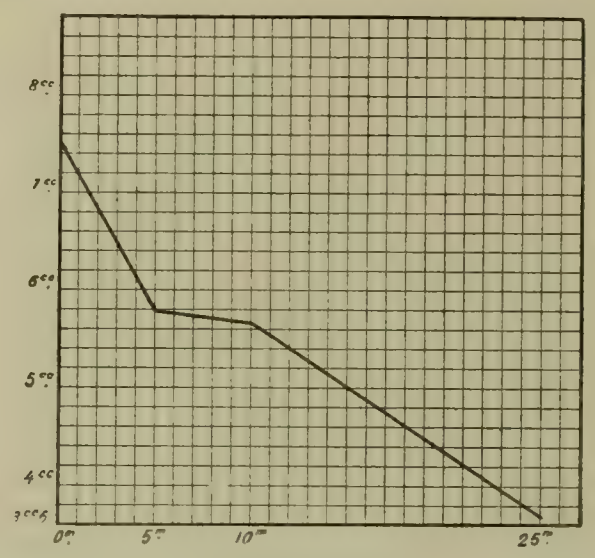
Num. 6.—Variación del oxígeno con la profundidad

Operaciones números 945 al 948



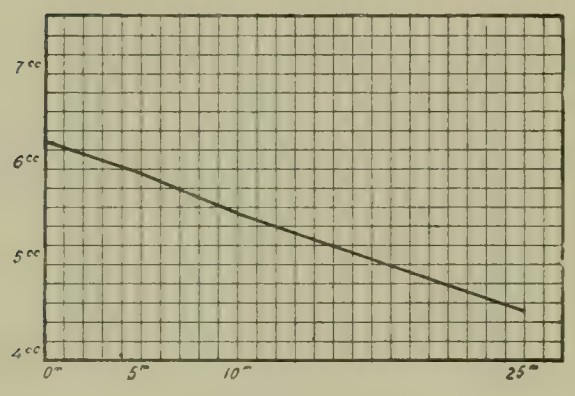
6 Agosto 1917

Núm. 7.—Variación del oxígeno con la profundidad
Operaciones números 953, 955, 956, 957



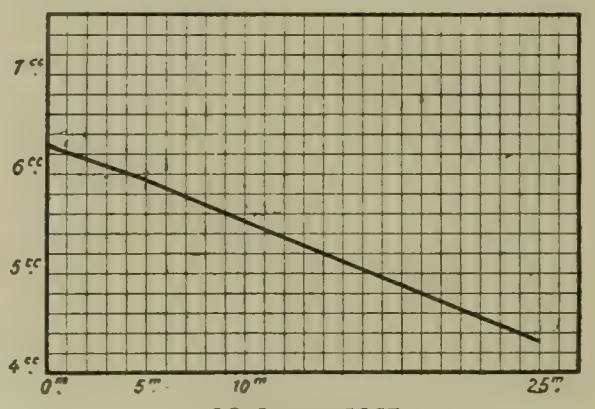
13 Agosto 1917

Núm. 8.—Variación del oxígeno con la profundidad
Operaciones números 966 al 969



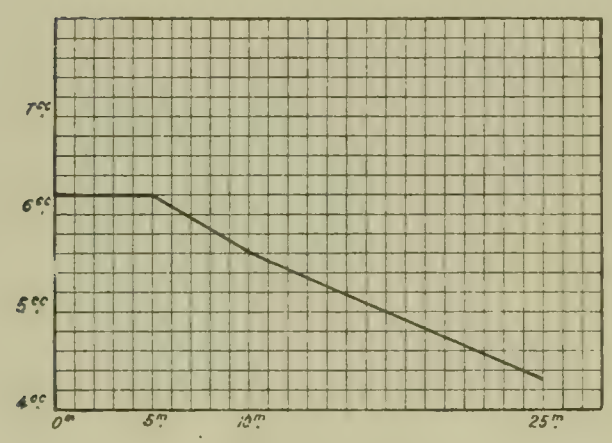
20 Agosto 1917

Núm. 9.—Variación del oxígeno con la profundidad
Operaciones números 1005 al 1008



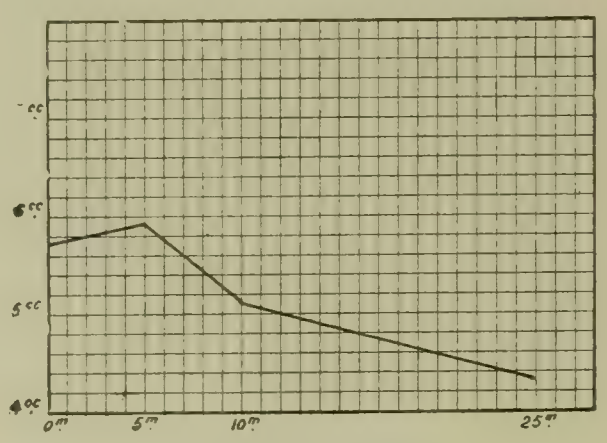
20 Agosto 1917

Núm. 10.—Variación del oxígeno con la profundidad
Operaciones números 1009 al 1012



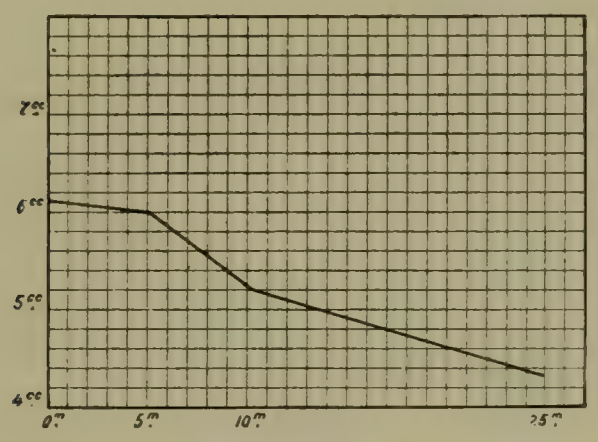
20 Agosto 1917

Núm. 11.—Variación del oxígeno con la profundidad
Operaciones números 1014 al 1017



20 Agosto 1917

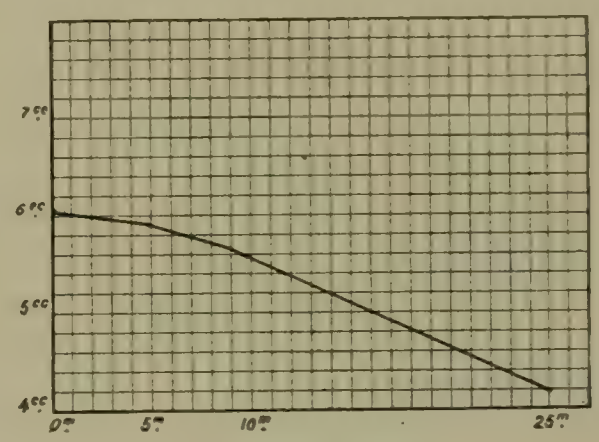
Núm. 12.—Variación del oxígeno con la profundidad
Operaciones números 1020 al 1023



20 Agosto 1917

Núm, 13. - Variación del oxígeno con la profundidad

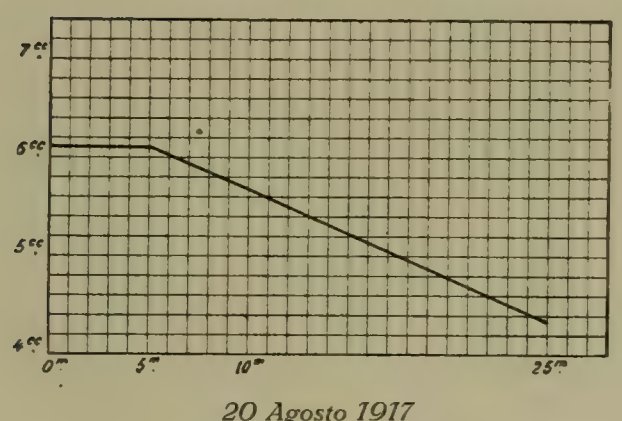
Operaciones números 1025 al 1028



20 Agosto 1917

Núm. 14.—Variación del oxígeno con la profundidad

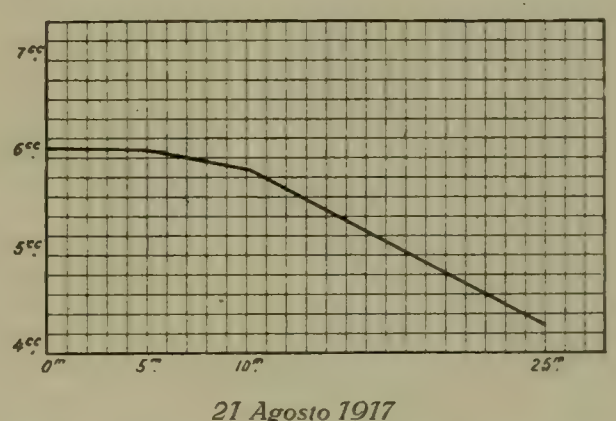
Operaciones números 1033 al 1036



20 Agosto 1917

Núm. 15.—Variación del oxígeno con la profundidad

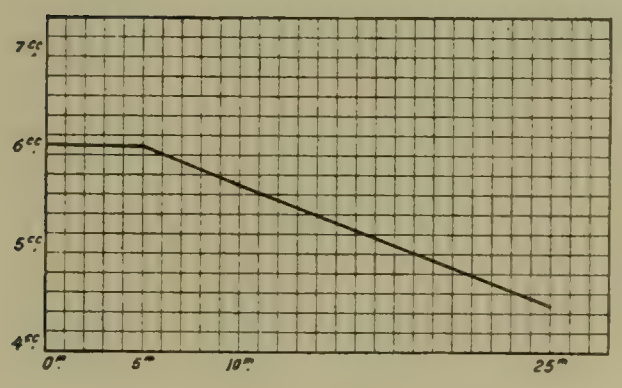
Operaciones números 1037 al 1040



21 Agosto 1917

Núm. 16.—Variación del oxígeno con la profundidad

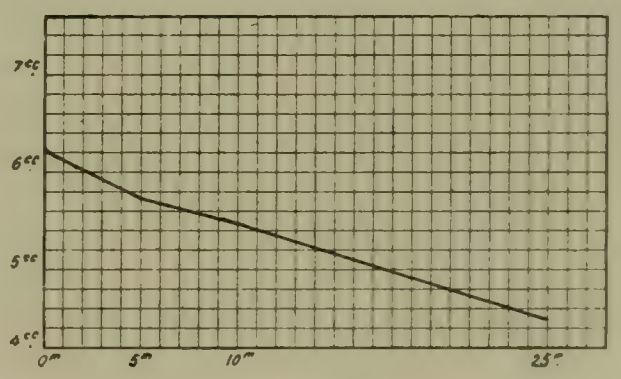
Operaciones números 1043 al 1046



21 Agosto 1917

Núm. 17.—Variación del oxígeno con la profundidad

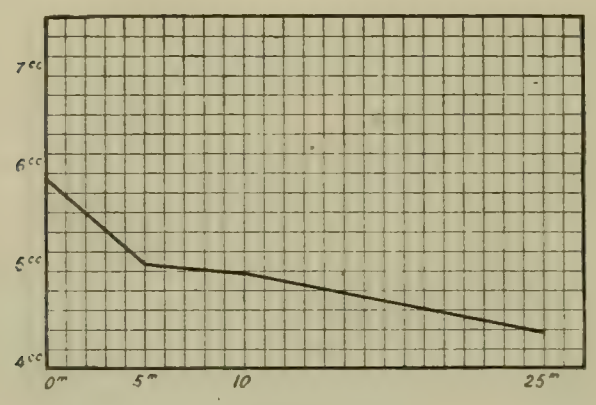
Operaciones números 1047 al 1050



21 Agosto 1917

Núm. 18.—Variación del oxígeno con la profundidad

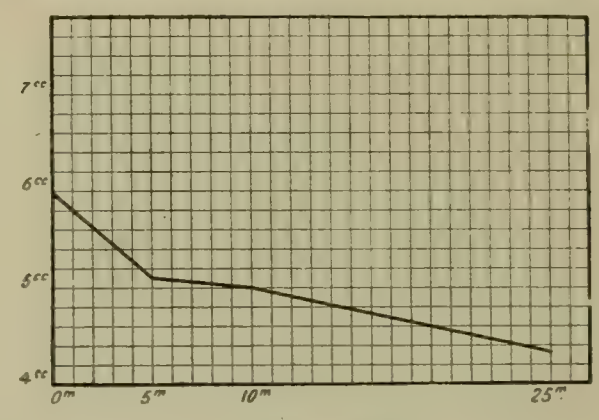
Operaciones números 1053 al 1055



21 Agosto 1917

Núm. 19.—Variación del oxígeno con la profundidad

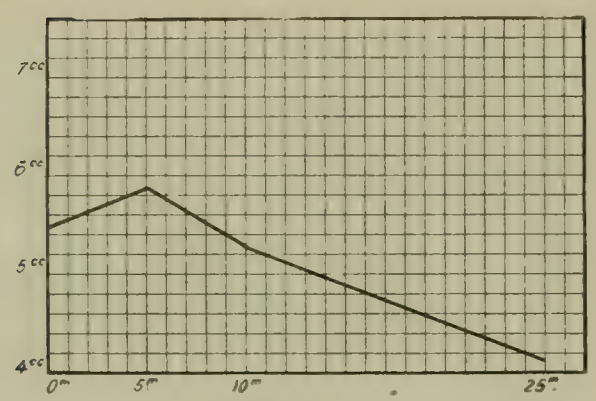
Operaciones números 1057 al 1060



21 Agosto 1917

Núm. 20.—Variación del oxígeno con la profundidad

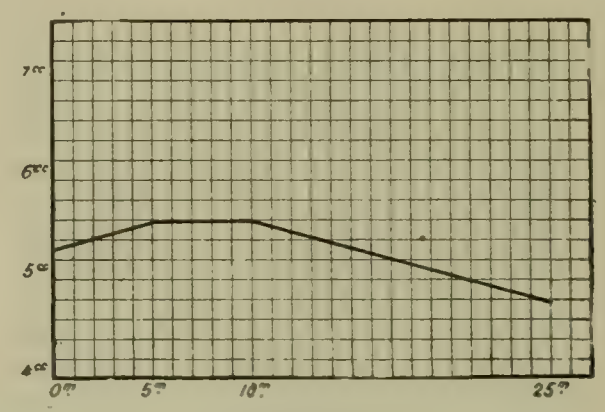
Operaciones números 1063 al 1066



4 Septiembre 1917

Núm. 21.—Variación del oxígeno con la profundidad

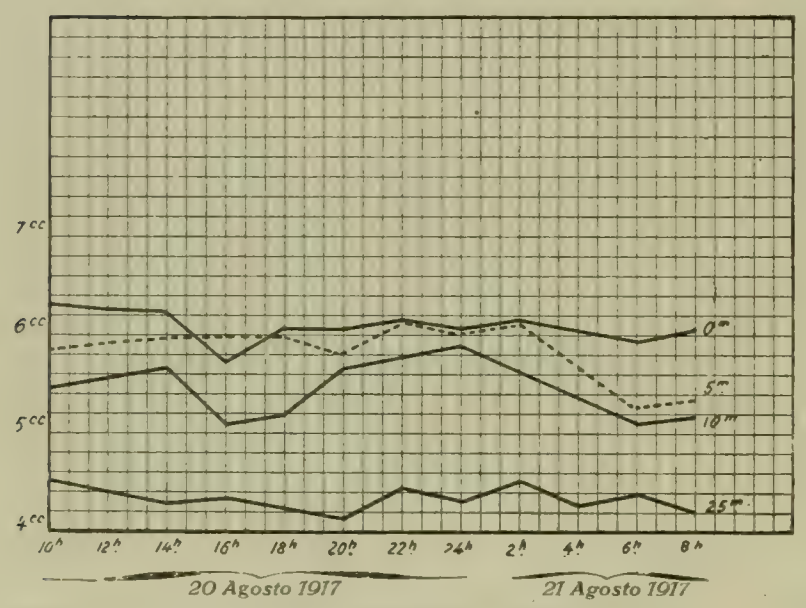
Operaciones números 1137 al 1140



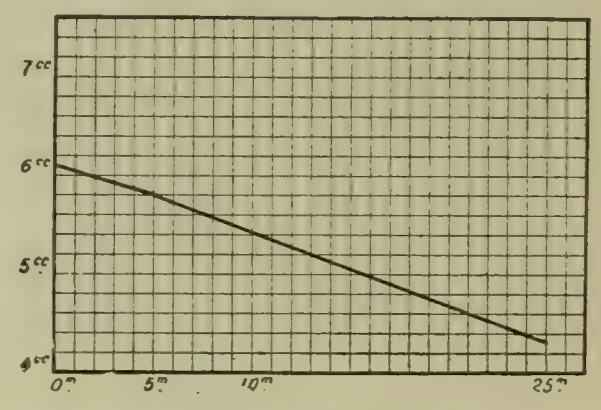
4 Septiembre 1917

Núm. 22.—Variación del oxígeno con la profundidad

Operaciones números 1127 al 1130



Núm. 23.—Variación diurna del oxígeno del 20 al 21 Agosto 1917 en una misma estación



Núm. 24.—Variación media del oxígeno con la profundidad, del 20 al 21 Agosto 1917, en una misma estación

Campaña oceanográfica de 1918, realizada con el cañonero «Hernán Cortés» por las costas de Santander, Asturias y Galicia

DETERMINACIÓN DEL OXÍGENO

Número de la operación	Estación	Profundidad en metros	Temperatura	Fecha	Hora	Oxígeno ‰ en c. c.
1186	Vigo	Superficie	17°2	15-VII	12 h.	5,321
1187	»	20	15°4	»	12 h.	5,186
1189	»	10	16°5	»	12 h. 15 m.	5,358
1189	»	5	16°8	»	12 h. 30 m.	5,418
1191	»	20	15°8	»	14 h. 20 m.	5,331
1192	»	10	16°3	»	14 h. 30 m.	6,472
1193	»	5	16°5	»	14 h. 45 m	5,528
1195	»	Superficie	16°1	»	16 h. 1 m.	5,632
1196	»	25	14°8	»	16 h.	5,331
1197	»	10	15°5	»	16 h. 15 m.	5,565
1198	»	5	15°8	»	16 h. 30 m.	5,563
1201 (18)	Marín	Superficie	19°5	18-VII	7 h. 35 m.	
1203 (20)	»	»	17°5	»	9 h. 5 m.	4,975
1205 (22)	»	»	17°8	»	10 h. 15 m.	5,038
1206 (23)	»	»	18°	»	12 h. 1 m.	
1207 (24)	»	»	17°8	»	13 h. 40 m.	4,791
1208 (25)	»	»	16°2	»	16 h.	
1209 (26)	»	»	16°9	»	18 h.	5,139
1212 (29)	Ferrol	5	19°15	21-VII	17 h. 25 m.	5,328
1215 (32)	»	5	18°4	23-VII	17 b. 10 m.	5,159
1220 (37)	»	Superficie	17°2	24-VII	11 h.	5,328
1224 (42)	»	10	17°4	»	14 h. 25 m.	5,391
1230 (48)	Rivadeo	Superficie	18°8	25-VII	9 h. 10 m.	5,107
1231 (49)	»	»	19°	»	11 h.	5,097
1235 (53)		10	18°4	»	13 h. 5 m.	5,099
1246 (64)	Santander	Superficie	20°	1-VIII	7 h. 35 m.	5,153
1248 (66)	»	»	20°5	»	9 h. 10 m.	5,058
1249 (67)	»	75	17°4	»	9 h. 20 m.	5,209
1250 (68)	»	50	12°3	»	9 h. 35 m.	5,159
1251	»	25	17°3	»	9 h. 45 m.	5,328
1252	»	10	20°4	»	9 h. 55 m.	5,159
1253	»	5	20°4	»	10 h. 5 m.	5,097
1254	»	Superficie	20°5	»	10 h. 10 m.	5,597
1256	»	»	20°8	»		5,101
1258	»	»	19°9	»		6,024
1260	»	10	20°4	6-VIII	11 h.	5,632
1262 (79)	Puerto de Santander	5	20°5	»	11 h. 20 m.	5,763
1263 (80)	Fondeadero de Santander	3	20°5	»	11 h. 30 m.	5,732
1266 (84)	Santander a Avilés	Superficie	20°5	10-VIII	9 h.	5,453
1267 (85)	»	»	20°8	»	11 h.	5,236
1268 (86)	»	»	20°	»	13 h. 10 m.	5,238
1269 (87)	»	»	19°8	»	15 h.	5,346
1270 (88)	»	»	19°4	»	17 h.	5,371
1272 (90)	»	»	17°	»	19 h.	5,818
1273 (91)	Avilés a Coruña	»	17°	15-VIII	8 h.	5,409
1274 (92)	»	»	18°	»	10 h.	5,483
1275 (93)	»	»	20°	»	12 h.	5,270
1276 (94)	»	»	17°7	»	14 h.	5,491
1277 (95)	»	»	14°	»	16 h.	4,449
1278 (96)	»	»	16°	»	18 h.	5,459
1279	Coruña a Vigo	»	14°6	19-VIII	7 h.	4,554
1280	»	»	13°5	»	10 h.	4,907
1281	»	»	13°1	»	12 h.	4,635
1282	»	»	16°8	»	14 h.	6,617
1283	»	»	18°3	»	16 h.	6,008
1284	»	»	19°	»	18 h.	5,166

Número de la operación	Estación	Profundidad en metros	Temperatura	Fecha	Hora	Oxígeno °/₀₀ en c. c.
1286	Vigo	Superficie	19°8	23-VIII	9 h. 20 m.	6,264
1287	»	5	17°3	»	9 h. 40 m.	6,063
1288	»	10	14°8	»	9 h. 50 m.	5,308
1289	»	25	13°3	»	10 h.	4,054
1290	»	40	13°	»	10 h. 8 m.	3,479
1295	»	Superficie	19°	»	12 h.	6,099
1296	»	5	18°5	»	12 h. 5 m.	5,632
1297	»	10	16°1	»	12 h. 14 m.	5,735
1299	»	Superficie	18°8	»	14 h.	5,562
1300	»	5	18°5	»	14 h. 10 m.	5,774
1301	»	10	17°3	»	14 h. 15 m.	5,892
1306	»	Superficie	17°	»	16 h.	5,559
1307	»	75	12°7	»	16 h. 10 m.	4,113
1308	»	50	12°8	»	16 h. 20 m.	4,388
1309	»	25	13°3	»	16 h. 30 m.	4,688
1310	»	10	14°6	»	16 h. 38 m.	5,088
1311	»	5	17°	»	16 h. 45 m.	5,037
1316	»	Superficie	16°5	»	18 h. 10 m.	5,677
1317	»	25	15°2	»	18 h. 15 m.	5,710
1318	»	10	15°3	»	18 h. 20 m.	5,224
1319	»	5	16°	»	18 h. 28 m.	4,888
1323	»	Superficie	17°8	24-VIII	16 h.	5,304
1326	»	10	14°5	»	18 h. 15 m.	5,562
1327	»	Superficie	17°	»	18 h. 15 m.	6,323
1328	»	5	15°5	»	18 h. 25 m.	5,486
1332	S. Simón	5 1/2	15°4	26-VIII	15 h. 55 m.	
1333	»	Superficie	17°8	»	15 h. 45 m.	5,281
1334	»	2 1/2	15°6	»	16 h. 10 m.	5,095
1341	»	Superficie	17°9	»	16 h. 1 m.	5,037
1342	»	7	14°5	»	18 h.	3,884
1343	»	5	14°6	»	18 h. 20 m.	4,683
1347	Vigo	Superficie	17°	»		5,382
1348	»	10	13°4	»		4,589
1349	»	5	14°7	»		4,888
1359	Vigo (Cies)	Superficie	15°7	29-VIII	11 h. 10 m.	5,136
1360 (178)	»	5	15°	»	11 h. 8 m.	4,177
1361 (179)	»	10	13°5	»	11 h. 17 m.	3,967
1362 (180)	»	25	12°85	»	11 h. 26 m.	3,552
1365 (183)	»	Superficie	17°	»	13 h. 3 m.	3,809
1366 (184)	»	5	15°1	»	13 h. 5 m.	4,645
1367 (185)	»	10	14°1	»	13 h. 15 m.	3,800
1368 (186)	»	25	12°9	»	13 h. 25 m.	3,648
1369 (187)	»	Superficie	16°5	»	15 h. 3 m.	4,801
1370 (188)	»	5	14°9	»	15 h. 3 m.	4,092
1371 (189)	»	10	14°3	»	15 h. 15 m.	4,590
1372 (190)	»	25	12°9	»	15 h. 25 m.	3,803
1375 (191)	»	Superficie	16°5	»	17 h. 5 m.	5,156
1376 (192)	»	5	14°8	»	17 h. 5 m.	4,113
1377 (193)	»	10	13°5	»	17 h. 12 m	4,656
1378 (194)	»	25	12°8	»	17 h. 20 m.	5,217
1379 (195)	»	Superficie	16°2	»	19 h.	6,157
1380 (196)	»	5	15°6	»	19 h. 5 m.	5,745
1381 (197)	»	10	13°3	»	19 h. 13 m.	4,164
1382 (198)	»	25	12°8	»	19 h. 30 m.	3,717
1387 (205)	»	Superficie	17°	»	21 h.	5,960
1388 (206)	»	5	16°1	»		5,894
1389 (207)	»	10	13°5	»		4,337
1390 (208)	»	25	12°8	»		3,282
1391 (209)	»	Superficie	16°6	»		4,356
1392 (210)	»	5	16°6	»		6,194
1393 (211)	»	10	16°	»		5,943
1394 (212)	»	25	12°8	»		5,062
1397 (215)	»	Superficie	16°4	30-VIII		4,091

Número de a operación	Estación	Profundidad en metros	Temperatura	Fecha	Hora	Oxígeno °/oo en c. c.
1398 (216)	Vigo (Cies)	5	16°5	30-VIII		5,281
1399 (217)	»	10	16°	»		5,489
1400 (218)	»	25	12°7	»		3,252
1401 (219)	»	Superficie	16°	»		4,021
1402 (220)	»	5	16°1	»		3,758
1403 (221)	»	10	13°2	»		4,373
1404 (222)	»	25	12°6	»		3,684
1407 (225)	»	Superficie	15°2	»		3,890
1408 (226)	»	5	16°2	»		4,361
1409 (227)	»	10	13°2	»		4,038
1410 (228)	»	25	12°7	»		2,797
1411 (229)	»	Superficie	16°5	»		4,214
1412 (230)	»	5	16°5	»		4,409
1413 (231)	»	10	13°3	»		4,180
1414 (232)	»	25	12°5	»		4,198
1417 (234)	»	Superficie	16°1	»		4,595
1418 (236)	»	5	16°1	»		3,902
1419 (237)	»	10	13°4	»		4,142
1420 (238)	»	25	12°6	»		3,873
1424 (242)	Ria de Vigo hacia el fondo	Superficie	17°	5-IX	10 h.	5,144
1427 (245)	»	»	17°5	»	12 h.	4,897
1428 (246)	»	»	17°3	»	14 h.	5,236
1430 (248)	»	9	16°8	»	16 h. 20 m.	5,282
1431 (249)	»	5	16°9	»	16 h. 35 m.	4,931
1436	»	Superficie	18°5	»	17 h.	4,821

Al fin de comparar los resultados que durante el verano de 1918 se obtuvieron para la concentración del oxígeno disuelto en el agua del mar, haremos un estudio análogo al que se efectuó en páginas anteriores con los datos de salinidad encontrados durante esta misma campaña.

Los tres primeros gráficos se refieren a la variación del oxígeno en el agua de superficie, desde el puerto de Santander al de Vigo. De las curvas que en ellos figuran no se deducen aquí relaciones tan marcadas como las que sugieren los valores encontrados para la salinidad de aquellas mismas aguas, lo cual, sin embargo, no debe extrañar, puesto que la concentración del oxígeno disuelto depende de mayor número de factores que la concentración salina; el estado de agitación del mar modifica bastante el contenido de aquel gas y, a veces, la presencia del *plankton* en las aguas que se analizan han coincidido con valores altos de la concentración del oxígeno, probablemente a consecuencia de un fenómeno de absorción superficial muy frecuente en el contacto de un gas con un sólido finamente dividido. Las curvas que indican la variación de concentración del oxígeno en aguas superficiales desde Santander a Vigo, demuestran que entre Santander y Avilés el número de c. c. de oxígeno disueltos en cada litro de agua no es constante, sino que generalmente varía entre 5,200 y 5,400; desde Avilés a Coruña entre 5,400 y 5,500; baja después a 4,500, y nuevamente asciende hasta alcanzar a la altura de cabo Finisterre un valor máximo de más de seis centímetros cúbicos por litro, desde cuyo punto desciende otra vez hasta ser 5,200 centímetros cúbicos en la proximidad de Vigo. Los números anteriores no son todavía resultados definitivos, sino valores particulares obtenidos en los días en que estas investigaciones se hicieron; valores que incluso podrían ser distintos de los que ordinariamente correspondan a la concentración de oxígeno en la zona marítima superficial de aquellas regiones. Baste recordar lo que antes dijimos para el caso de que el agua tuviera *plankton* en el momento de la captura, o cuando la muestra se toma en la proximidad de bajos (tan frecuentes en las costas de Galicia), los cuales originan rompientes que airean las aguas, etc.

Dignos de notar son los gráficos 4 y 5, en los cuales se indican las curvas de variación del oxígeno a medida que la profundidad crece; por ellas se ve que en cada lugar la concentración del oxígeno disuelto en el agua, es menor cuanto más grande sea la profundidad; la forma de las curvas nos dice también que la ley de variación es análoga en ambos casos. Sin embargo, aunque esta tendencia se observó en la pasada campaña en mayor número de casos todavía, no debe olvidarse que también se han comprobado fenómenos opuestos (gráfico 6).

En las observaciones sistemáticas que se realizaron cada dos horas durante los días 29 y 30 de Agosto de 1918 en un lugar cercano a las islas Cies, encontramos que muchas de las curvas construídas con los resultados de una serie de análisis (a 0, 5, 10 y 25 metros) constituyen una prueba de que la cantidad de oxígeno disuelto en cada litro de agua disminuye con la profundidad (gráficos 7, 11 y 12); no obstante, en ellos, la ley de variación no siempre es uniforme, y, además, mientras hay curvas aná-

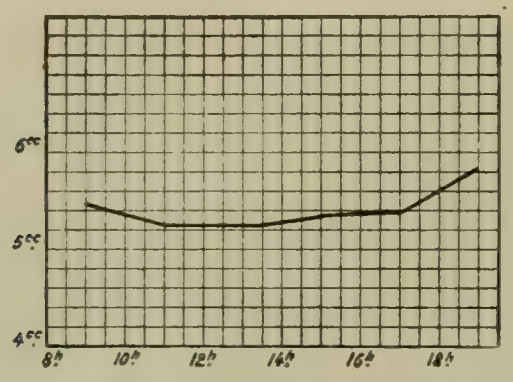
logas, como las de los gráficos 11 y 12, laş restantes no ofrecen entre sí ninguna semejanza; es más, en otras series de análisis la variación de oxígeno se aparta totalmente de la ley que generalmente se observó en la anterior campaña, y con frecuencia se da el caso de que la concentración del oxígeno en zonas profundas es superior a la que posee en aguas superficiales (gráficos 10, 13 y 14); casos hay que son todavía más ambiguos; por ejemplo, aquellos en que el contenido de oxígeno adquiere valores máximos a profundidades intermedias entre la superficie y los 25 metros (gráficos 13, 14, 15, 16 y 17).

Estos hechos no deben interpretarse como abiertamente opuestos a las leyes observadas en la campaña de 1917, porque a pesar de que son muy numerosos los casos en que estos resultados aparecen en contradicción, sigue cumpliéndose todavía el que a concentración del oxígeno disuelto disminuya a medida que aumente la profundidad; a lo menos así se verifica cuando se toman los valores medios, como lo demuestra el gráfico 19 construído con los valores medios de oxígeno obtenidos durante aquellas observaciones sistemáticas. Dichos valores son:

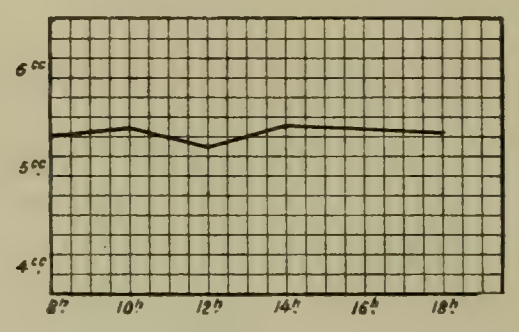
0 m.	valor	medio	oxígeno.....	4,682	‰
5 m.	»	»	»	4,714	‰
10 m.	»	»	»	4,556	‰
25 m.	»	»	»	3,840	‰

y ellos demuestran que a excepción de la zona de cinco metros de profundidad en que la concentración del oxígeno es ligeramente superior, la ley de variación tiene semejanza con la que se obtuvo en la campaña anterior.

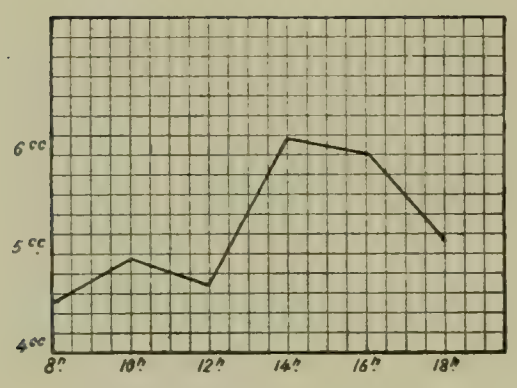
Conviene llamar la atención sobre los valores medios que en uno y otro año alcanzó la concentración del oxígeno disuelto y observar que en 1917 dichos valores eran bastante más altos que los que se han deducido en 1918; esto sucede no sólo cuando nos referimos a observaciones verificadas en un mismo lugar, sino también cuando nos referimos a las de todas las de toda la campaña. Tales anomalías no tienen aun explicación plausible necesitándose para desentrañarlas largos años de trabajo metódico, con objeto de que durante ellos pueda hacerse el mayor número de determinaciones analíticas que sea posible. Tal vez estén ligadas con dichas divergencias causas de error producidas por el mal ajuste de los tapones del frasco, porque es indudable que sólo pueden obtenerse resultados exactos cuando los cierres sean herméticos y la captura del agua se haga con gran escrúpulo.



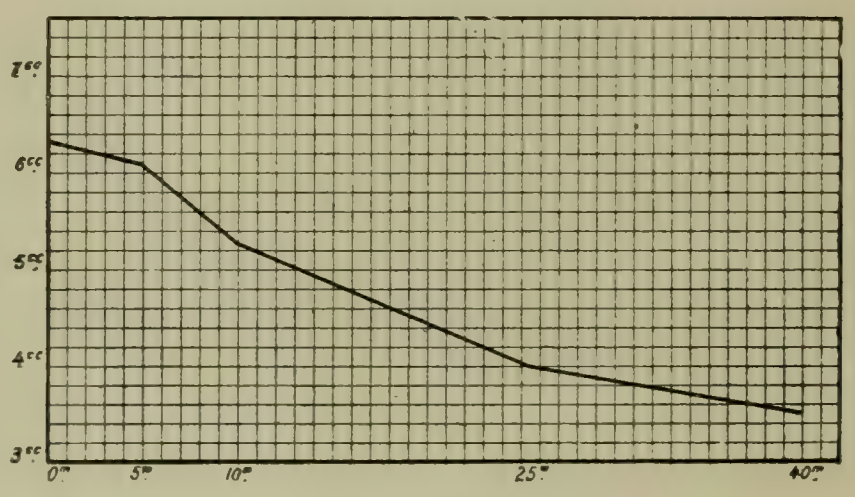
10 Agosto 1918. (Santander a Avilés)
Núm. 1.—Variación del oxígeno superficial
Operaciones números 1266 al 1272



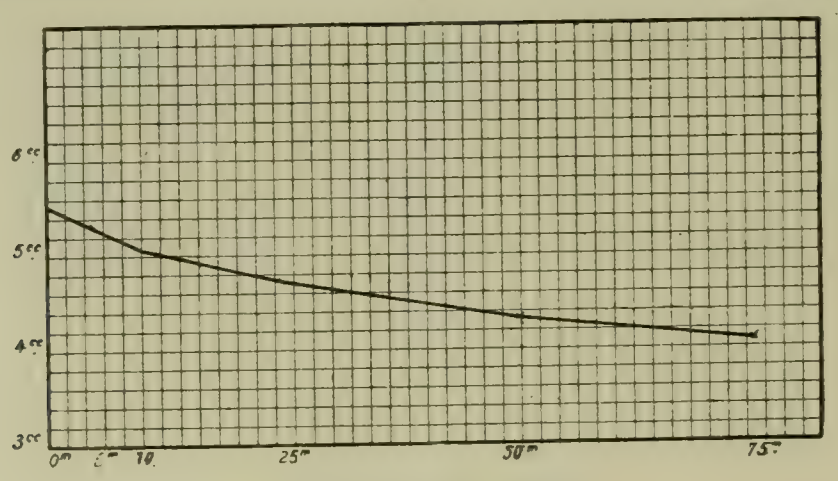
15 Agosto 1918. (Avilés a Coruña)
Núm. 2.—Variación del oxígeno superficial
Operaciones números 1273 al 1278



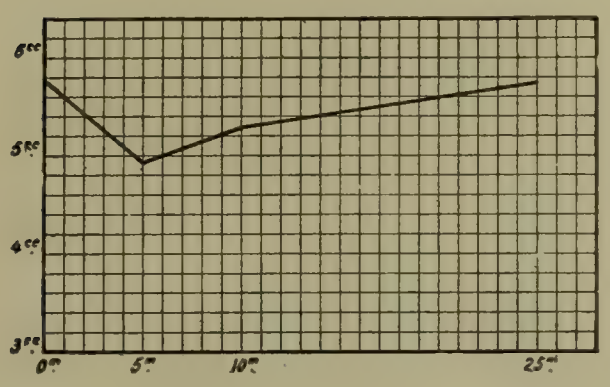
19 Agosto 1918. (Coruña a Vigo)
Núm. 3.—Variación del oxígeno superficial
Operaciones números 1279 al 1284



23 Agosto 1918. (Vigo)
Núm. 4.—Variación del oxígeno con la profundidad
Operaciones números 1286 al 1290



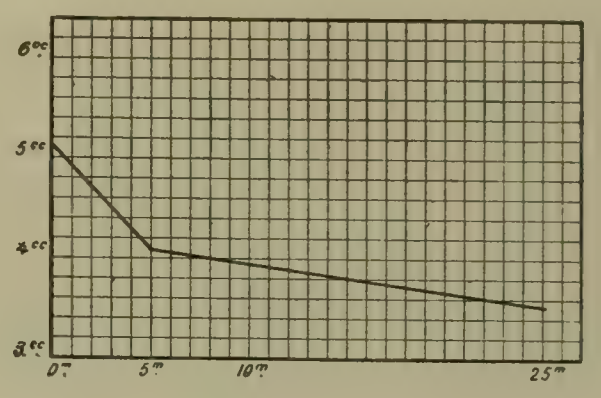
23 Agosto 1918. (Vigo)
Núm. 5.—Variación del oxígeno con la profundidad
Operaciones números 1306 al 1311



23 Agosto 1918. (Vigo)

Núm. 6.—Variación del oxígeno con la profundidad

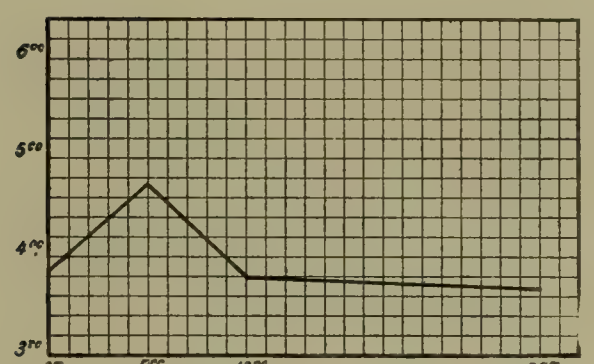
Operaciones números 1316 al 1319



Agosto 1918. Vigo (Cíes)

Núm. 7.—Variación del oxígeno con la profundidad

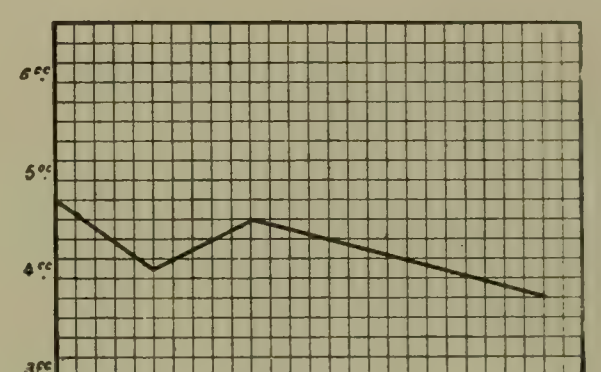
Operaciones números 1359 al 1362



29 Agosto 1918. Vigo (Cíes)

Núm. 8.—Variación del oxígeno con la profundidad

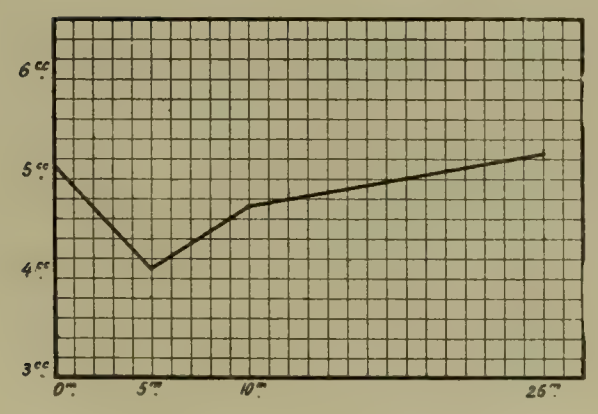
Operaciones números 1365 al 1368



29 Agosto 1918. Vigo (Cíes)

Núm. 9.—Variación del oxígeno con la profundidad

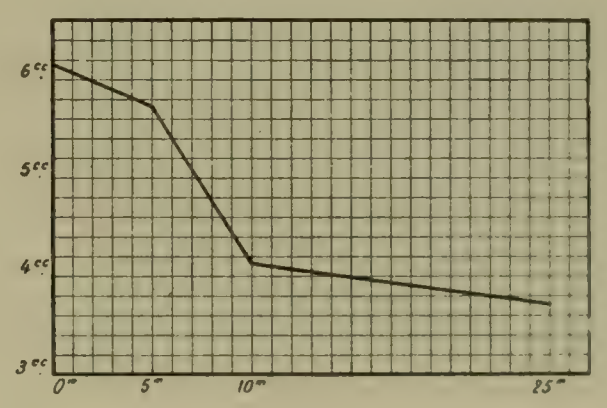
Operaciones números 1369 al 1372



29 Agosto 1918. Vigo (Cíes)

Núm. 10.—Variación del oxígeno con la profundidad

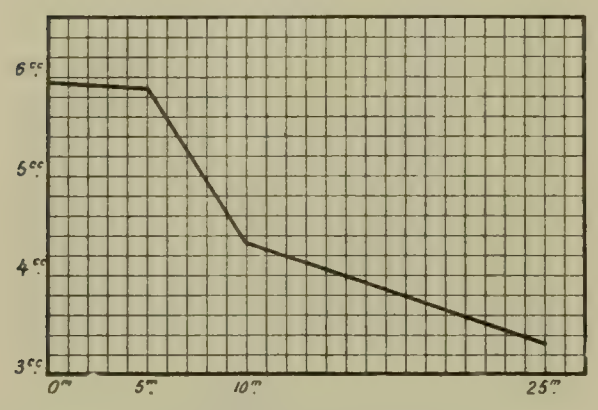
Operaciones números 1375 al 1378



29 Agosto 1918. Vigo (Cíes)

Núm. 11.—Variación del oxígeno con la profundidad

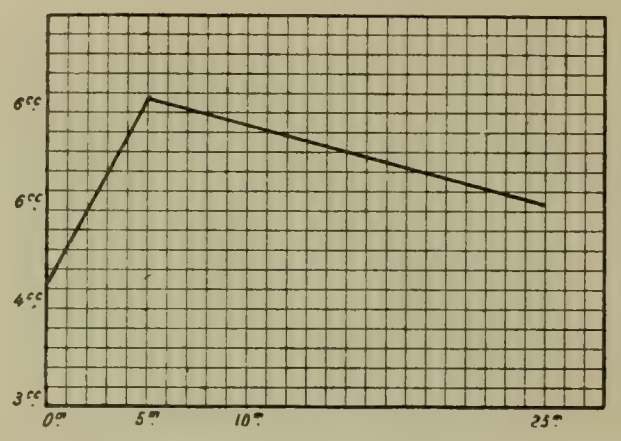
Operaciones números 1379 al 1382



29 Agosto 1918. Vigo (Cíes)

Núm. 12.—Variación del oxígeno con la profundidad

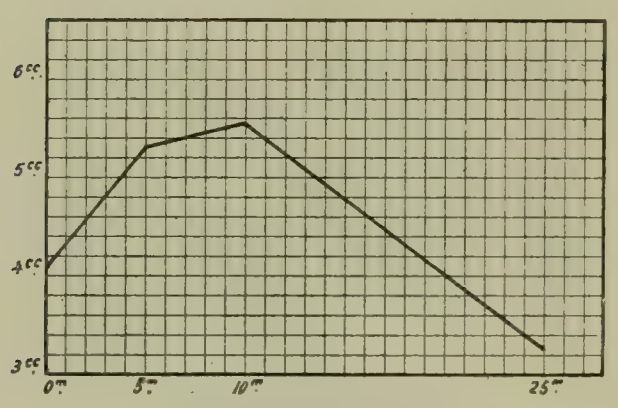
Operaciones números 1387 al 1390



29 Agosto 1918. Vigo (Cíes)

Núm. 13.—Variación del oxígeno con la profundidad

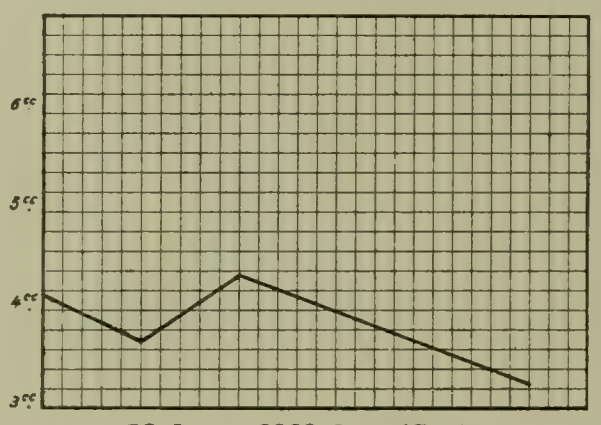
Operaciones números 1391 al 1394



30 Agosto 1918. Vigo (Cíes)

Núm. 14.—Variación del oxígeno con la profundidad

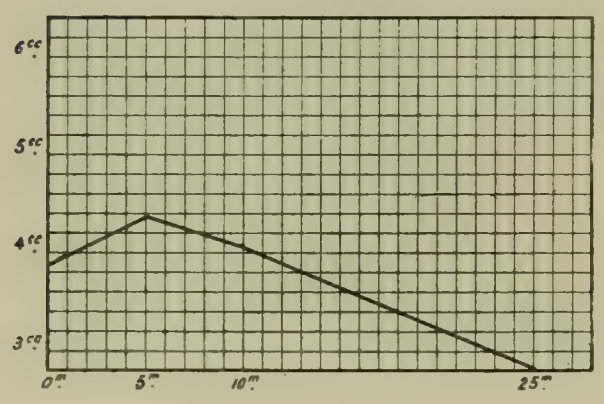
Operaciones números 1397 al 1400



30 Agosto 1918. Vigo (Cíes)

Núm. 15.—Variación del oxigeno con la profundidad

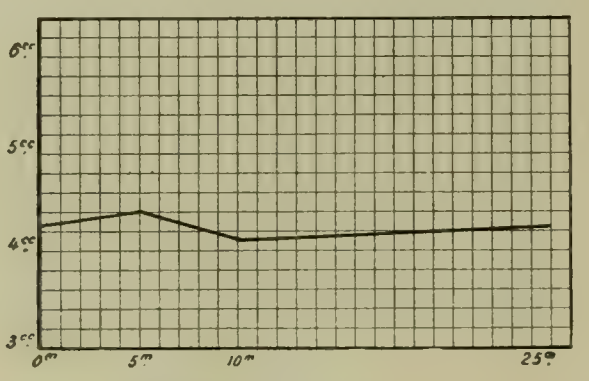
Operaciones números 1401 al 1404



30 Agosto 1918. Vigo (Cíes)

Núm. 16. — Variación del oxígeno con la profundidad

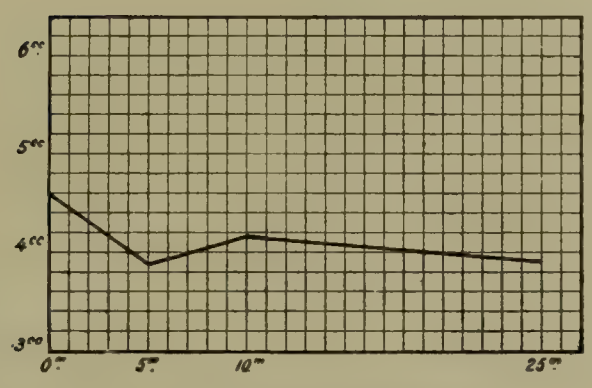
Operaciones números 1407 al 1410



30 Agosto 1918. Vigo (Cíes)

Núm. 17. — Variación del oxígeno con la profundidad

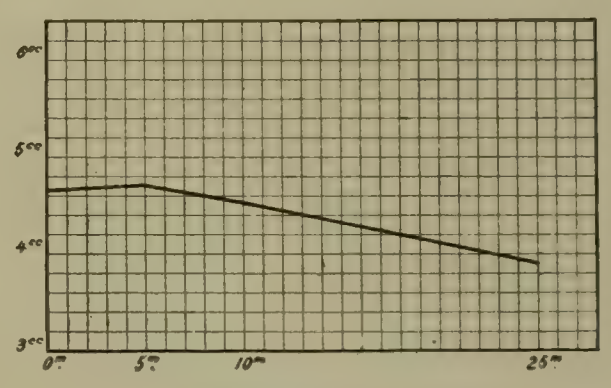
Operaciones números 1411 al 1414



30 Agosto 1918. Vigo (Cíes)

Núm. 18.—Variación del oxígeno con la profundidad

Operaciones números 1417 al 1420



29 al 30 de Agosto de 1918

Núm. 19.—Variación del oxígeno con la profundidad

Valores medios deducidos en veinticuatro horas de observación

TERCERA PARTE

DETERMINACIONES DE ÁCIDO SULFHIDRICO EN LAS AGUAS DEL MAR

Investigación del ácido sulfhídrico

Durante las campañas oceanográficas de 1916 y de 1918 se practicaron algunos ensayos a fin de reconocer el ácido sulfhídrico en las aguas de la ría de Vigo; un olor bastante pronunciado caracterizaba con frecuencia a los fangos extraídos del fondo de la ría, en las regiones más internas de la misma, por ejemplo, en las proximidades de Redondela y en los alrededores de la isla de San Simón (Lazareto).

En estos lugares la profundidad es muy escasa, y donde no excede de algunos metros se observa ya a simple vista una cantidad de algas extraordinaria; en la putrefacción de éstas pudiera buscarse el origen del hidrógeno sulfurado, pero un factor tal vez más importante puede ser la materia orgánica que afluye a dichas regiones de la ría por efecto de las mareas, sobre todo durante el verano, cuando en la superficie de las aguas aparece la coloración roja o parda, tan frecuente en la ría de Vigo.

Cualquiera que sea la causa, pues en su esclarecimiento no hemos de entrar, por carecer hasta hoy de los necesarios elementos de juicio, es lo cierto que en los fangos y aguas de aquellos lugares los reactivos del ácido sulfhídrico demostraron la existencia de indicios de este gas, y hasta se determinó su contenido mediante algunos ensayos. También acusaron la presencia de hidrógeno sulfurado en otras regiones más externas de la ría, por ejemplo, en la proximidad de los muelles, pero no debe olvidarse que tales puntos, además de ser el depósito común en donde las embarcaciones vierten sus residuos, son lugares próximos a la desembocadura del alcantarillado de Vigo, y, por lo tanto, puntos los más a propósito para la presencia de aquel gas.

Falta saber si hay además otros gases, productos también de fermentaciones orgánicas; a juzgar por los resultados del análisis las bolsadas que se encontraron en los fangos extraídos del fondo de la ría, en la proximidad de Redondela y del Lazareto, no

podían ser de ácido sulfhídrico más que en una mínima parte; probablemente había en ellas metano y otros hidrocarburos. Por otra parte, los resultados analíticos obtenidos en la valoración del hidrógeno sulfurado expresan únicamente valores límites máximos del contenido de este gas, porque habiéndose empleado en su valoración el método iodométrico puede ocurrir que otras substancias reductoras se combinen con el iodo y falseen los resultados; por consiguiente, los números que se obtienen no ofrecen más valor que el de expresar en ácido sulfhídrico la cantidad total de substancias reductoras que hay contenida en las muestras.

La captura del agua para analizar en ella el hidrógeno sulfurado, se verifica, como dijimos, en la investigación del oxígeno; la determinación del ácido sulfhídrico se realizó, uno y otro año, introduciendo en un cilindro graduado, provisto de tapón, 5 c. c. de disolución $\frac{N}{100}$ de iodo y un gramo de ioduro potásico, vertiendo después en aquél el agua que se ha de analizar y agitando la mezcla durante algunos minutos. En el contacto del iodo con el ácido sulfhídrico se produce la reacción siguiente:

$$I_2 + SH_2 = 2IH + S$$

y una vez destruído el hidrógeno sulfurado y cuantas materias reductoras le acompañen, el exceso de iodo se valora con hiposulfito sódico $\frac{N}{100}$. Restando del número de centímetros cúbicos de disolución $\frac{N}{100}$ de iodo los c. c. que se han gastado de la de hiposulfito, la diferencia expresa los c. c. de iodo $\frac{N}{100}$ que reaccionaron con el ácido sulfhídrico. Ahora bien, en virtud de la reacción química anterior, cada molécula gramo de iodo equivale a otra de hidrógeno sulfurado, o sea a 22,412 c. c. de este gas; por consiguiente, un c. c. de solución centésimo-normal de iodo equivale a 0,11206 centímetros cúbicos de ácido sulfhídrico. Bastará multiplicar por este factor el número de c. c. de disolución centésimo-normal de iodo consumidos para deducir la cantidad de hidrógeno sulfurado que hay contenida en V c. c. de agua (volumen del frasco); la concentración por litro se hallará por la proporción

$$\frac{V}{0{,}11206\ n} = \frac{1.000}{x}$$

de la que se deduce:

$$x = \frac{112{,}06\ n}{V}$$

La disolución centésimo-normal de iodo debe valorarse de antemano con otra $\frac{N}{100}$ de hiposulfito, de modo que las condiciones de trabajo sean lo más análogas

que se pueda; para ello se vierten en el mismo cilindro idéntico número de c. c. de la disolución de iodo, después un gramo de ioduro potásico, que se diluye con agua destilada y hervida hasta obtener un volumen próximamente igual a la cabida de los frascos, y, por último, el líquido se valora con hiposulfito sódico $\frac{N}{100}$. Sólo operando así se podrán obtener resultados comparables.

Los que se han obtenido trabajando de este modo con aguas procedentes de las regiones ya mencionadas de las rias de Vigo, no suelen acusar más de un c. c. de hidrógeno sulfurado por litro.

El número de análisis que se efectuaron es todavía muy pequeño y por esta causa no figuran en el trabajo. Si en campañas oceanográficas se continúa este estudio con mayor intensidad y con planes determinados, será la ocasión de hacer consideraciones como las que se han formulado en la primera y segunda parte de esta Memoria.

Date Due